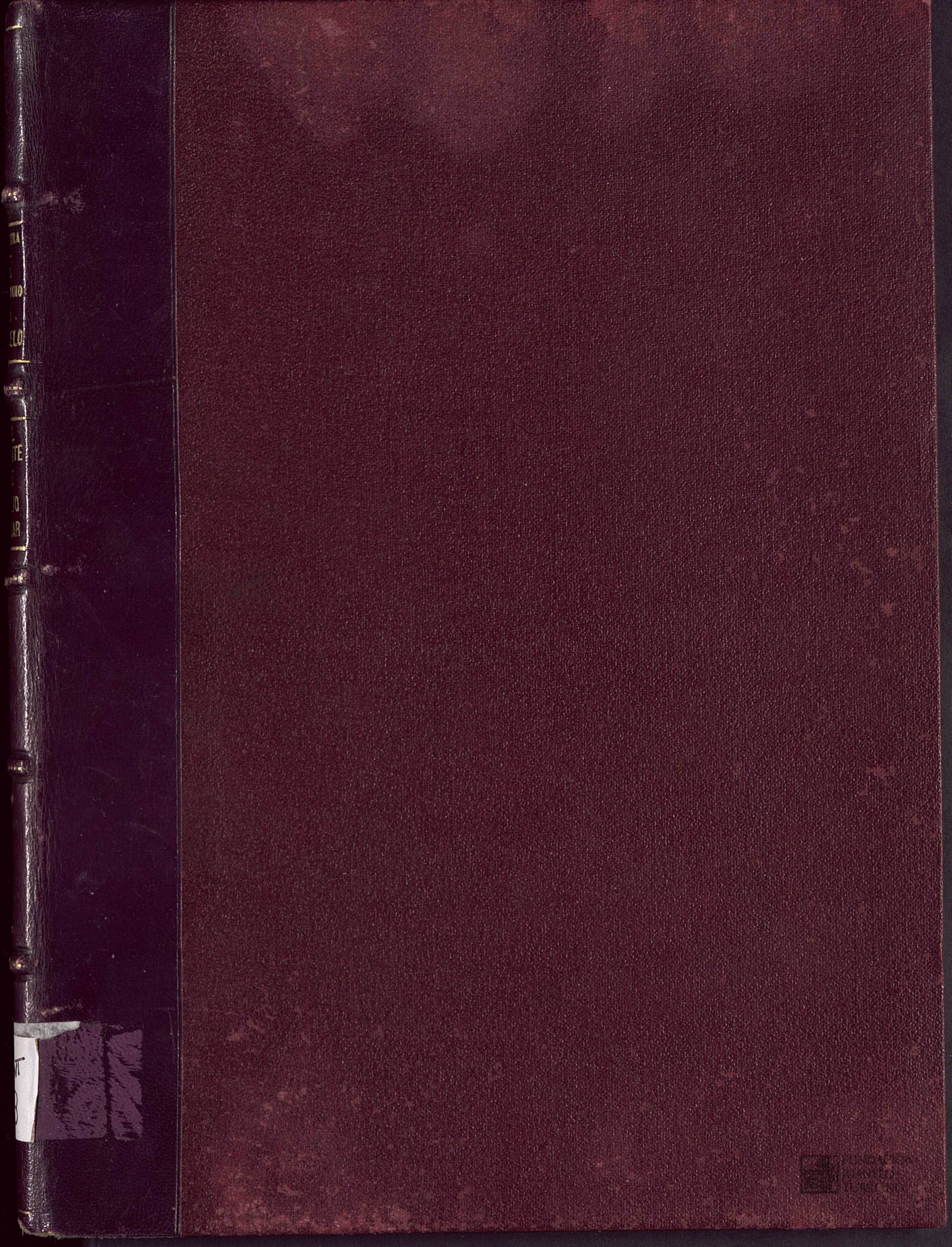





FUNDACIÓN
JUANELO
TURRIANO

MEMORIAS

DE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS

FÍSICAS Y NATURALES

DE

MADRID

Tomo XIII—Parte 2.ª





J. L. y C.ª, Madrid.

JANELLUS: TURRIAN: CREMON:

HOROLOG: ARCHITECT.

EL ARTIFICIO DE JUANELO

Y

EL PUENTE DE JULIO CÉSAR

POR

DON LUIS DE LA ESCOSURA Y MORROGH

INGENIERO DE MINAS.

Memoria publicada por la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid



MADRID—1888

IMPRENTA DE DON LUIS AGUADO

Pontejos, 8



ADVERTENCIA

Janelo ó Juanelo Turriano, relojero y mecánico del Emperador Carlos V, llegó á ser un célebre Ingeniero en el reinado de Felipe II, en el que construyó, para elevar el agua del Tajo al Alcázar de Toledo, la máquina ó artificio que lleva su nombre. Tuvo el acueducto que atravesar *un trecho de calle muy ancha*, según apunta el cronista Ambrosio de Morales; y Juanelo salvó esta dificultad colocando las cañerías y vasos de su máquina sobre un puente de madera, que era la fiel reproducción del que Julio César hizo construir, bajo su dirección, sobre el Rhin (1) para pasar el ejército romano al país de los Sugambros ó tierra de Westphalia, como le llama Valbuena en su traducción de los *Comentarios*. Y, dicho esto, paso á disculparme con los que hayan encontrado pomposo el título de esta noticia, y censuren, tal vez, como de mal gusto, la compañía de un humilde relojero y del invicto Capitán, declarando que no trato de escribir un paralelo entre ambas celebridades, ni de comparar siquiera sus invenciones; sino que, formando el puente parte del Artificio, me veo precisado á considerar á Julio César como á un Ingeniero, con lo cual no creo empañar los triunfos del insigne guerrero ni mancillar las glorias del vencedor de los galos. Creo, al contrario, conformarme con sus aficiones, porque es notable que, refiriendo con peculiar laconismo sus campañas, dejando que las victorias pregonaran su

(1) Morales, equivocadamente, como más adelante probaré, refiere que «hizo Janelo de nuevo la maravillosa puente de madera que Julio César había hecho en el cerco de Marsella.»

fama de General, describa con detenimiento y minuciosidad las obras de arte que tuvo que llevar á cabo, y se entretenga en fijar las dimensiones de sus partes componentes, sin omitir pormenor que pueda contribuir á ensalzar el ingenio con que fueron concebidas y el acierto y rapidez con que se ejecutaron. Algunos escritores señalan estas pretensiones de César, que no dejará de observar el que lea con detenimiento sus comentarios; pero, entre todos, ninguno se explica con tanta claridad y concisión como Montaigne. (1) *Combien Cesar se désploye largement à nous faire entendre ses inventions à bastir ponts et engins, et combien, au prix, il va se serrant lorsqu'il parle des offices de sa proffèssion, de sa vaillence et conduite de sa milice. Ses exploits le vérifient assez capitain excellent: il se veut faire conoistre excéllent ingenieur, qualité aúlcunement extrangère.*

Creo que no estará demás que sepa el lector que en el año 1871, el Ayuntamiento de Toledo, presidido por Don Rodrigo Alegre, me comisionó para estudiar el abastecimiento de aguas á la ciudad, y que por entonces, al contemplar los restos de los muros del artificio, que existían cerca del Puente de Alcántara y que ya han desaparecido, se despertó en mi ánimo el deseo de conocer la ponderada y casi maravillosa máquina de Juanelo, no perdonando desde aquella época medio alguno que estuviera á mi alcance para satisfacer esta curiosidad. Cuál ha sido el resultado de mis investigaciones, lo sabrá el que se tome la molestia de leer lo que sigue, advirtiendo al que crea hallar una máquina digna de imitarse, es decir, en la que el efecto útil esté en proporción con el coste de su instalación y con la fuerza que necesitaba para su movimiento, que puede excusarse el trabajo de leer una descripción, interesate únicamente para los aficionados á los estudios históricos que tienen por objeto aclarar los textos de la antigüedad, generalmente oscuros y de interpretación difícil, cuando se refieren á máquinas, artefactos y á procedimientos científicos.

---

(1) Essais, t. I, cit. p. J. P. Carpentier.—*Étude sur Cesar.*

Si en las citas aparece esta noticia algo prolija, advierto que no las he prodigado por aparentar una erudición de que carezco, sino con el deseo de ahorrar trabajo á los que se dediquen á esta clase de investigaciones, y para justificar como es debido la exactitud de los hechos que en ella se refieren.

No abrigo la pretensión de haber redactado una memoria científica, ni me atrevería á presentarme como autor de una monografía histórica: mis aspiraciones se limitan á dar á conocer las noticias que he reunido acerca del Artificio y del Puente, y á reseñar accidentalmente el estado en que á mediados del siglo XVI se encontraba la Mecánica, aplicada á la elevación del agua á grandes alturas.

EL ARTIFICIO DE JUANELO Y EL PUENTE DE JULIO CESAR

Noticia de algunas obras y proyectos para surtir de agua á Toledo, anteriores á la instalación del Artificio.

Antes de entrar en la descripción del Artificio, no estará fuera de lugar referir las obras que, para abastecer de agua á Toledo, se llevaron á cabo en épocas anteriores á la llegada de Juanelo á la Ciudad Imperial.

En tiempo de los Romanos, se condujeron las de los manantiales llamados del Roble y del Castaño, situados en las faldas de las sierras que forman el puerto de Yébenes y vertientes del Castañar, por un acueducto que salvaba el río Tajo, al pie de la Ciudad, con un puente de fábrica, cuyas arranques, particularmente el de la margen izquierda, se ven próximos á las ruinas del Artificio, más abajo del puente de Alcántara. No se sabe ni en qué época se construyó, ni cuándo quedó inutilizado; pero podrá formarse idea de la importancia de esta obra por su longitud, que se calcula en más de siete leguas. Entraba el agua en la Ciudad por la puerta de Doce Cantos, que se llamó en otro tiempo de Doce Caños ó Cauces.

Tratan de este acueducto Naugerio ó Navajero, en su *Viaje por*



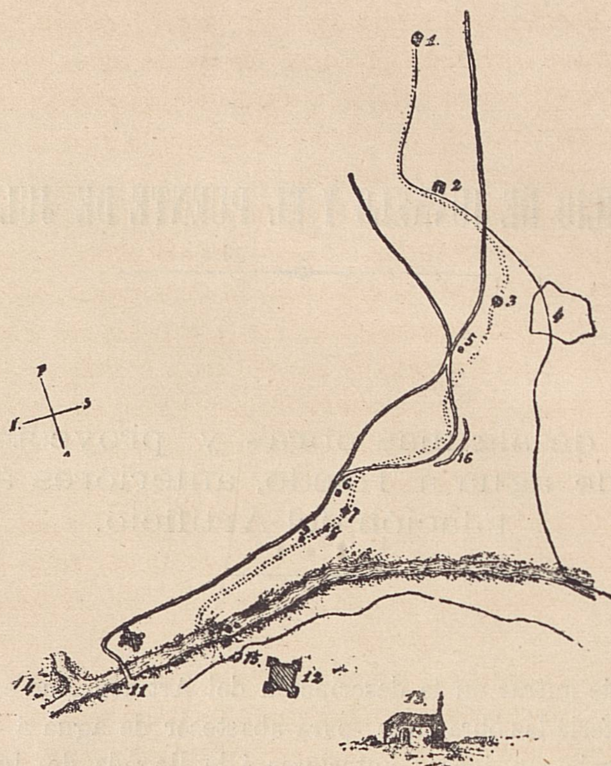


Fig. 1.ª

1. Fuente que nace dentro de un edificio cuadrado oblongo, de obra antigua romana.
2. Cimientos de un castillo ó arca.
3. Castillo ó arca de agua.
4. La Sisla y su cercado.
5. Santa Ana.

6, 7, 8 y 9. Frogones antiguos de obra romana con arranques de arcos hacia ambos lados, por cima de cuyos arcos venía el agua.

10. Frogones antiguos que formaban los arcos por donde entraba el agua en Toledo.
11. Puente Alcántara
12. Alcázar.
13. La Santa Iglesia.
14. Isla del Tajo.
15. Puerta de Doce Cantos.
16. Camino de la Plata.

Río Tajo.

Camino Real de Andalucía.

Camino que ahora hace la agua hasta entrar en Toledo,

Camino por donde se cree que vendría la agua para entrar en Toledo.

España (1), en el que señala la existencia de las ruinas del acueducto y del puente, que servía también para el tránsito; D. Antonio Ponz (2) explica el trazado del canal, arcas de agua, etc; D. Sixto Ramón Parro (3) coloca esta obra entre las ruinas de monumentos romanos; y casi todos los que han escrito de Toledo describen con mayor ó menor extensión el acueducto.

En el plano adjunto (*fig.* 1.ª) se marca la situación de la puerta de Doce Cantos, el curso probable del agua al entrar en la Ciudad, y los arranques del Puente-acueducto. Es una reducción del trazado por D. Francisco Palomares, que, en compañía del Padre Andrés Burriel, reconoció el trayecto de la acequia y comunicó á D. Antonio Ponz las noticias y dibujos que ha publicado en su obra citada.

Después de la destrucción del Acueducto, se surtió de agua Toledo durante muchos siglos con la del Tajo, que se subía en caballerías para el consumo diario y para llenar los aljibes del Caserío; y hasta principios del año de 1526, en que, según consta de unos apuntes encontrados en un *Libro de Recepciones del Monasterio de la Concepción Francisca* y del que da cuenta Parro (4), no se pensó en modificar este primitivo sistema de abastecimiento. «Se comenzó á hacer la obra», dicen los apuntes, «para subir el agua á la plaza de Zocodover desde los molinos de Garci-Sánchez, cabe la puente de Alcántara. Vinieron para eso oficiales de Alemania, que los hizo venir el Conde Mascio, Marqués de Zenete y Camarero mayor del Emperador, nuestro señor, y, después de comenzada la obra, para el gasto de ella se puso muy recia sisa..... Consistía esta invención en unos grandes mazos, que, golpeando furiosamente el agua, la hacían

(1) Andrea Naugerii, Op. Omn. Patavii, 1718. Josep Caminus.—Esta edición Paduana forma un volumen de cerca de 500 páginas, y en él está comprendido su *Viaggio in Ispagna*, en el que habla de Toledo en la página 352. También puede consultarse su carta 2.ª á Ramusio, fechada en Toledo á 12 de Septiembre de 1815.

(2) *Viaje de España*, por D. Antonio Ponz, 3.ª edición. Madrid, 1787. Cartas 3.ª y 5.ª

(3) *Toledo en la mano*, T. II, pág. 644.

(4) *Toledo en la mano*, T. II, pág. 659.



subir por unos cañones de metal con una violencia que todos los conductos se rompían y no había materia bastante fuerte de que fundirlos: así es que duró muy poco tiempo este aparato.»

Yo infiero de estos *Apuntes* que los oficiales ó Ingenieros alemanes colocaron en la margen del Tajo, ó en la canal de los molinos, bombas, que el autor de los *Apuntes del Monasterio* llama mazos, sin duda por la semejanza que las bombas movidas por palanca tienen con los mazos de clavar estacas y con los de un batán; pues bien se comprende que, por grandes que fueran los mazos con que golpearan el agua, no lograrían elevarla, sino agitarla con mayor ó menor violencia, y de ningún modo obligarla á subir por los cañones de metal. ¿Qué clase de metal sería el de los tubos? ¿Qué bombas usarían los alemanes? Nada puede inferirse de los *Apuntes*. Si la voz metal se acepta, no en sentido genérico, sino como azófar ó latón fundido, sorprende que el éxito fuera tan desastroso y tan inmediato. La longitud de la tubería entre los molinos de Garci-Sánchez y Zocodover no pasaría de 600 metros, y el desnivel se aproxima á 80 metros; de modo que los tubos inmediatos al río debían sufrir una presión permanente de ocho atmósferas y la eventual de la impulsión producida por los émbolos de las bombas, que, aun funcionando furiosamente, según dicen los *Apuntes del Monasterio*, no debieron ocasionar la inmediata destrucción de los tubos de latón fundido. No puede suponerse que fueran de hierro colado ó fundición, porque, además de que su resistencia hubiera evitado el fracaso, parece un hecho comprobado que los primeros artículos de este metal se fundieron en Inglaterra por Ralph Hage y Peter Bawde, en 1554, (1) y los oficiales alemanes montaron sus máquinas y cañerías en 1526. Me inclino á creer, por lo que llevo dicho y lo poco que de los *Apuntes* se deduce, que los tubos fueron de plomo ó fabricados con planchas de este metal, ó

(1) *Baker Chronicles of the Kings of England., Edit.* 1665 p. 317. cit por Ewbank. *A descrip. and histor. acount of hidraulic and other machines for raising water.* Londón: 1842, pag. 553. De esta última obra existe un ejemplar en la Biblioteca Nacional, que se adquirió siendo Jefe del Establecimiento D. Juan Eugenio Hartzenbusch.



moldeados en trozos pequeños, soldados después entre sí con plomo solo ó con soldadura.

La fabricación de tubos con planchas, en aquella época, se reducía á fundir en arena las planchas de plomo, á cortarlas en tiras de ancho proporcionado al diámetro que deberían tener los tubos, á arrollarlas en forma de cilindro, y á soldar la junta á lo largo del tubo. Este sistema era el que seguían los plomeros romanos, que, según Vitruvio, los fabricaban de diez pies de longitud y un espesor proporcionado á su diámetro, con sujeción á una regla que explica en el libro VIII del capítulo 7 de su *Arquitectura*. No quiero decir con esto que el procedimiento sea una invención que pueda atribuirse á los romanos, sino que era de uso corriente en el primer siglo de nuestra era. Pero como los romanos adoptaron las artes y costumbres de los pueblos antiguos, copiaron, sin duda, el sistema de fabricación, como indica Ewbank (1), de los plomeros de Babilonia y Atenas, de Egipto y de Tiro. El mismo autor supone que las terrazas del palacio de Nabucodonosor estuvieron forradas con planchas de plomo, fabricadas del modo indicado, para preservar al edificio de la humedad de las plantas que en ellas se cultivaban, y, añade, que si el agua con que se regaban los jardines de Babilonia, que hasta cierta altura se subía con norias, se elevaba de unas terrazas á otras por medio de bombas, como suponen algunos historiadores, los tubos serían de plomo y fabricados por el procedimiento descrito. Respecto á los romanos, es un hecho comprobado que en la Ciudad y otras poblaciones á que se extendía su dominación, se emplearon cantidades inmensas de tubos de plomo para conducir el agua, bastando recordar que, para distribuir la de un solo acueducto de Roma, Frontino menciona 13590 tubos pequeños de una pulgada de diámetro, y que de Pompeya, que no era más que una ciudad de provincia de segundo orden, y de la que solo se ha descubierto una tercera parte, se han extraido algunas toneladas de tubos. La aplicación de estos tubos ha continuado en Europa después de la caida del Imperio romano, y,

(1) *A descript and hist. acont.* acont., etc., pág. 552.

entre otras ciudades importantes, se cita á Córdoba, en donde se emplearon para la conducción y distribución del agua, á mediados del siglo IX, en tiempo del Califa Abderrahman II, que también mandó empedrar la ciudad, no recordándose obra de esta clase de fecha anterior. Pero, siendo de materia fundida los tubos de los alemanes, me inclino á creer que, en vez de planchas fundidas en arena, arrolladas en forma de cilindro, usarían tubos de plomo moldeados en arena, y que los unirían por sus cabos ó extremos, dentro de otro molde, con plomo fundido, ó soldándolos fuera del molde. Y aunque esta invención se atribuye á Robert Brocke, uno de los capellanes de Enrique VIII de Inglaterra, que la dió á conocer en 1539, trece años después de la llegada de los alemanes á Toledo, no tiene nada de particular que fuera ya conocido en su país un procedimiento tan sencillo. El plomo es, tal vez, el primer metal que el hombre ha trabajado, por la abundancia y brillo de sus minerales y la facilidad con que se reducen ó rinden el metal que contienen. La fusibilidad, poca dureza, y excesiva plasticidad del plomo facilitaron su aplicación, y desde tiempos remotos se empleó para los mismos usos á que hoy se destina. Las estatuas de plomo son antiquísimas y precedieron á las de bronce. En Roma existía la de Mamurius, y se sospecha que entre los objetos de plomo de que constaba el botín que los Israelitas cogieron á los Medianitas, había estatuas de plomo que se mandaron refundir. (1)

Siendo, pues, conocido desde tiempo tan remoto el arte de moldear el plomo en vasos, estatuas, etc., no me parece aventurado suponer que los alemanes, en el siglo XVI, supieran moldear los tubos. La presión permanente de ocho atmósferas, y el choque del agua producido por la impulsión de las bombas, pudieron destruir inmediatamente los tubos de plomo fundido, sobre todo, si las bombas, como es de

(1) En el Museo Arqueológico de Madrid se conserva un áncora de plomo, que se extrajo á mi presencia en una draga que trabajaba en el Puerto de Cartagena, y que se supone que procede de época anterior á la de los romanos, que conocieron las de hierro.

suponer, no iban provistas de recipientes de aire para amortiguar los choques repetidos á la entrada del agua en los caños.

En la época á que se refieren los *Apuntes del Monasterio*, las bombas que se usaban en las minas de Alemania y de Hungría (1), en Almadén (2), y en los buques para achicar el agua, eran de madera, y debían ser de poco uso las de metal, porque en 9 de Noviembre del mismo año 1526, en que llegaron los alemanes á Toledo, se expidió Real cédula, según refiere D. Martín Fernández de Navarrete (3), á favor de Diego Ribero, Cosmógrafo y maestro de instrumentos náuticos, por una nueva bomba de metal de su invención para achicar las Naos: consta que dió excelentes resultados. Esta Real cédula y la solicitud del Sr. Fernández Navarrete en aprovechar todas las ocasiones que se le ofrecen para ensalzar el ingenio de nuestros compatriotas, son hechos, entre otros, que pudieran aducirse para probar lo arriesgado que es atribuir originalidad á muchas de las supuestas invenciones. La bomba impelente de Ctesibio, que Vitruvio (4) describe en su *Arquitectura* con el nombre de Máquina Ctesíbica, era precisamente de metal. *Ea* (la máquina) *fit ex aere*, son sus palabras; de modo que tres siglos antes de Jesucristo se construían bombas de bronce en Alejandría, y en España se concedió Real cédula de invención por una bomba de esta clase, mil ochocientos años después de la aparición de los *Comentarios de Ctesibio*, que, aunque se han perdido, tenemos seguridad de que existieron, porque Vitruvio no sólo copia de ellos la descripción de la máquina, sino que recomienda á sus lectores que los consulten para mayor ilustración. Y todavía hay quien sospecha que la máquina, que Vitruvio llama Ctesíbica, no sea invención de Ctesibio, á quien también se ha atribuído la del sifón, porque formaba parte de su *Clepsydra*, y no se conocía aplica-

(1) Agrícola. *De Re metállica.*

(2) Morales. *Las Antig. de España*, t. IX, pág. 167.

(3) *Colección de los viajes y descubrimientos que hicieron por mar los Españoles*, por D. Martín Fernández de Navarrete, t. I, ilust. IV, pág. CXXIV. Madrid, en la Imprenta Real, 1825.

(4) M. Vitruvio Pollione. *Architectura*, lib. X, cap. XII.

ción anterior de este aparato, habiéndose comprobado después que era de uso común entre sus conciudadanos en la edad remota de Ramses, 1700 años antes de Jesucristo, en la era augusta del Egipto, en que las artes llegaron á un grado de perfección que no pudieron alcanzar en ninguna época posterior. Si los *Comentarios de Ctesibio*, añade Ewbank (1), se hubieran conservado, nadie se atrevería á disputarle la invención de la bomba impelente. Pero, por desgracia, ese escrito, lo mismo que el *Tratado de las máquinas pneumáticas é hidrostáticas* de Arquímedes, han desaparecido, é igual suerte ha cabido á las láminas originales de Vitruvio, dejándonos, hasta cierto punto, estas pérdidas irreparables, en la ignorancia respecto á la historia de las máquinas hidráulicas en la antigüedad. Y no es posible hablar de la máquina Ctesíbica ó bomba impelente, sin deplorar el descuido y á veces la falta de conciencia de algunos traductores de Vitruvio, que han vertido á sus lenguas pasajes que no llegaron á comprender. He consultado la traducción española de Ortiz (2), la versión italiana, con el texto latino del Marqués de Galiani (3), y he leído en la obra de Ewbank, tantas veces citada, la traducción inglesa de Newton (4). Nuestro compatriota, poco versado en la Mecánica y en la Física, ha traducido, sin entenderla, la descripción de la Máquina Ctesíbica. La versión italiana es más correcta, por la ventaja que tuvo el Marqués de Galiani de poder trasladar á la traducción muchas palabras latinas sin alterarlas, y sin que resultare oscuridad ni confusión; pero, siendo mejor que la española, es inferior á la de Newton, que, sin forzar el texto, ha conseguido describir correctamente en inglés la bomba impelente, como la explicó Ctesibio en sus *Comentarios*, de donde la tomó Vitruvio para formar el cap. 12 del libro X de su *Arquitectura*. Una traducción correcta de este capí-

---

(1) En su obra cit., pág. 268.

(2) Los diez libros de la *Arquitectura* de M. Vitruvio Polion, traducidos del latín y comentados por D. Joseph Ortiz y Sanz. Madrid, Imprenta Real, 1787.

(3) *L'Architectura* de M. Vitruvio Polione, colla traduzione italiana et comento del Marchese Bernardo Galiani. In Napoli, MDCCLVIII.

(4) Pág. 266.

tulo es del mayor interés para la historia de las máquinas hidráulicas, porque en él no sólo se describe la bomba impelente de dos cuerpos con sus válvulas de absorción y de expulsión, sino que con toda claridad se explica la función del recipiente de aire y el modo con que este fluído interviene en la marcha de la bomba. El recipiente de aire, por la propiedad que tienen todos los gases de contraerse ó de dilatarse cuando aumentan ó disminuyen las presiones á que están sometidos, sirve en las bombas, como si fuera un muelle, para dar uniformidad al chorro de agua que producen, evitando las intermitencias que se advierten en las que no llevan este aditamento, y además para anular, en los tubos de expulsión, los choques violentos, parecidos á golpes de ariete, que el agua ocasiona al levantar la válvula que sostiene la columna de agua ascendente: choques que sin duda produjeron las roturas de caños de 80 metros de altura, de que se trata en el *Manuscrito del Convento de la Concepción Francisca*. Entre las bombas actuales y la máquina Ctesíbica no se advierte más diferencia que la de las cajas de estopa de que van provistas las primeras, invención preciosa y de aplicación tan general, que sin ellas no se comprende cómo funcionarían las máquinas de vapor y sus bombas de alimentación, la máquinas soplantes, prensas hidráulicas, etc. En la misma traducción de Newton no resulta completamente declarada la función del recipiente de aire, que pasa por invención moderna, y esto me ha movido á redactar una versión castellana, que se acompaña como apéndice á este escrito, y á la que va unida la descripción de la bomba de incendios de Heron, sin más pretensión que la de aclarar el texto en aquellos pasajes que no ha comprendido el traductor español, cuyos conocimientos en letras humanas y sagradas y su reconocida erudición no he tratado de poner en duda ni un sólo momento, al afirmar que no entendió la descripción de la Máquina Ctesíbica. Los alemanes que en 1526 vinieron á Toledo, pudieron usar bombas de bronce, porque eran conocidas; pero me inclino á creer que fueran de madera las que establecieron, porque eran las de uso corriente en las minas de su país, y aun de España, y los mineros de todas épocas siempre han elegido para sus desagües los

aparatos más prácticos y á la vez los más sencillos y económicos; y doy preferencia á esta versión, porque siendo de madera resulta más exacta la comparación con los mazos de que habla el curioso autor de los *Apuntes del Monasterio*.

No fué la obra de los alemanes, que refiere el *Manuscrito*, la última que se intentó para subir á Toledo las aguas del Tajo antes de que se estableciera el Artificio de Juanelo, porque en cédula de 20 de Octubre de 1570, registrada al folio 211 del libro de Obras y Bosques (1) «Manda el Rey á los Contadores de cuentas pasen en las del Pagador de Toledo 117.640 maravedís (865 pesetas) que había pagado á los arrendadores del molino que estaba por bajo del puente de Alcántara, por 865 días que estuvo ocupado ansi por nuestro mandado el año pasado de 1562 en que trataron de hacer ciertos ingenios Juan de Coten y Maestre Jorge, flamenco, nuestros criados, para subir el agua á dicha ciudad, que no tuvo efecto, como en el que después ha hecho Juanelo Turriano, nuestro relojero, desde primero de Enero de 1564 hasta 14 de Mayo de 1566.»

De cuyo documento inferirá el lector, sin que pueda darle yo más ámplias noticias, que Juan de Coten y maestre Jorge proyectaron en 1562 alguna máquina para subir agua á Toledo, y utilizaron ó simplemente ocuparon el molino inmediato al puente de Alcántara. Se ignora si se hicieron pruebas ó si quedó el ingenio en estado de proyecto.

Y con esto terminan las noticias que he podido reunir de las obras que se llevaron á cabo, ó se proyectaron, para surtir de agua á Toledo en época anterior al establecimiento del Artificio del famoso Juanelo, de cuya vida y ocupaciones voy á dar cuenta al lector.

---

(1) *Noticias de los Arquitectos y Arquitectura de España*, por el Excmo. Sr. Don Eugenio Llaguno, ilnstradas y acrecentadas por D. Juan Agustín Cean Bermúdez. Madrid; en la Imprenta Real, 1829: t. II, pág. 246.



Entra Juanelo al servicio del Emperador

Nació Juanelo en la ciudad de Cremona, ó el último año del siglo quince ó el primero del diez y seis, que esto no ha podido averiguarse con certeza. En lo que parece que no hay duda, es en que ejercía la profesión de relojero en 1529, cuando se coronó en Bolonia Carlos V, porque fué llamado con otros artífices para examinar un reloj de construcción complicada, que presentaron al emperador, y que por estar incompleto y oxidadas las piezas de que constaba no podía funcionar. Sólo Juanelo, entre los llamados, comprendió aquella obra, calificada de maravillosa, y ofreció restaurarla, aunque creía preferible construir un reloj nuevo semejante, y dispuesto en la misma forma que tenía el antiguo. Esta prueba de su habilidad, unida, á lo que parece, á la protección que le dispensaba Don Alonso de Avalos, Marques del Vasto, decidieron al Emperador á tomarle á su servicio, llevándole con los demás de la servidumbre en sus campañas y en sus viajes por España.

Del reloj antiguo que Juanelo restauró, ó que le sirvió de modelo, dan noticia todos los que refieren la coronación en Bolonia, ó que por una ú otra causa han escrito de la vida del Emperador ó de las obras de Juanelo. En las noticias de estos autores se advierten discordancias notables, y en las citas errores, á mi parecer, inexplicables; y siendo este reloj, tal vez, la obra más importante que Juanelo ejecutó en su vida, la que le dió celebridad de mecánico y de matemático, y la que ocasionó su entrada al servicio del Emperador, para venir después á construir en España el Artificio, creo que no debo admitir versión alguna acerca de este aparato tan ensalzado, sin examinarla detenidamente. Empezaré este examen, copiando á continuación lo que dice Ambrosio de Morales, entusiasta admirador y amigo de Juanelo



en sus *Antigüedades de España* (1). «Y pues he comenzado á tratar de las obras de este tan extraño y ensalzado ingenio, quiero también dejar aquí alguna memoria para quien no las ha visto..... Sólo tendré una buena ayuda en lo que el mismo Janelo me ha mostrado y dado á entender en particular de ellas. Porque, como si yo fuese capaz de comprehenderlas y gozarlas, así ha querido algunas veces enseñarme y regalarme de esta manera. Él comprehendió en la imaginación hacer un relox, con todos los movimientos del cielo, así que fuese más que lo de Archímedes que escribe Plutarco, y que lo de otro italiano destos tiempos, de quien escribe una epístola Hermolao Bárbaro á Angelo Paliciano; y salió tan adelante con el sobrepujarlos, que quien habiendo visto lo de Janelo lee lo de aquellos artífices, luego entiende quan poca cosa fué todo para ponerlo en comparación con estotro. Porque no hay movimiento ninguno en el cielo de los que considera la Astronomía, por menudo y diferente y contrario que sea, que no esté allí cierto y afinado por años y meses y días y horas. No había para qué poner ejemplos; mas todavía digo que se halla allí el primer moble con su movimiento contrario, el de la octava esfera con su trepidación, el de los siete planetas con todas sus diversidades, horas del sol, horas de la luna, aparición de los signos del zodiaco y otras muchas estrellas principales, con otras cosas extrañamente espantosas que yo no tengo agora en la memoria. Tardó, como él me ha dicho, en imaginarla y fabricar con el entendimiento la idea veinte años enteros, y de la gran vehemencia y embebecimiento del considerar enfermó dos veces en aquel tiempo y llegó á punto de morir..... y no tardó después más que tres años en fabricarlo con las manos..... Es mucho esto, pues tiene el relox todo mil ochocientas ruedas. Así fué necesario que (quitando las fiestas) labrase cada día más de tres ruedas sin lo demás, siendo las ruedas diferentes en tamaño y en número y forma de dientes. Mas

---

(1) *Las Antigüedades de las ciudades de España,* que escribía Ambrosio de Morales, cronista del rey católico nuestro Señor, D. Felipe II: t. IX de la *Crónica general de España,* pág. 337. Madrid, en la oficina de D. Benito Caño, 1792.

con ser esta presteza tan maravillosa, espanta más un ingeniosísimo torno que inventó, y lo vemos agora, para labrar ruedas de hierro con la lima al compás y á la igualdad de dientes que fuese menester..... En tres cosas dice Janelo que tuvo grandísima dificultad esta fábrica: en el movimiento del primer moble, en el movimiento de Mercurio, y en las horas desiguales de la luna. Para vencer estas dificultades y poner en el relox estos movimientos con toda su certidumbre y diversidades contrarias, dijo que hizo llegar el arte á donde no llega el número y que él lo demostrará, siempre que fuera menester, con toda claridad. Este es un extraño y nunca oido discernir y penetrar adelantando con el entendimiento. Y aunque es gran maravilla esta, en general, en Janelo es mucho mayor por preciarse él tanto..... de saber aritmética y de entender lo mucho que se puede hacer con el entero conocimiento della.» (1)

Verdaderamente sorprende que un escritor de tanta erudición y de razón tan clara como Morales, haya pretendido rebajar á Arquímedes, al primer geómetra y al sabio de mayor ingenio y profundidad que ha habido en el mundo, declarando que sus portentosos descubrimientos y sus obras, tenidas por maravillas, fueran poca cosa para ponerlas en comparación con el reloj de Juanelo, cuya arrogancia, afirmando que hizo llegar al arte á donde no llega el número, concepto á todas luces oscuro y pretencioso, ¡agotó la benevolencia del mismo Morales, su más decidido y entusiasta admirador.

Es cierto que Plutarco ensalza el ingenio portentoso de Arquímedes; pero lo hace en otros terminos, y sin acudir á los veinte años que empleó Juanelo en proyectar el reloj, ni á los embebecimientos

(1) Juanelo se jactaba de aritmético, y en una ocasión en que Morales vió el Artificio, le decía «¡porque veis todo lo que he hecho en los relojes! Pues hombres he visto que saben tanta y más astronomía y geometría que no yo; mas hasta agora, no he visto quien sepa tanta aritmética como yo.» Entonces Morales repuso «que ya no le espantaba lo que decia Santo Agustín, que quien supiese perfectamente todo lo que puede saberse en los números, haría cosas maravillosas y que fuesen como milagros.» (Morales. *Las antigüedades de España.* Madrid, 1792: tom. X, pág. 334.)

que le llevaron á las puertas del sepulcro. En la vida de Marcelo, que es donde Plutarco habla de Arquímedes, describiendo el sitio de Siracusa, se expresa en estos términos: «La grandeza de su alma, la profundidad de su genio, y el tesoro inagotable de su ciencia eran tales, que no ha querido dejar escrito alguno de las invenciones que establecieron su celebridad y dieron margen á que se le considerara como dotado de una inteligencia sobrehumana y casi divina... No hay razón que persuada á dudar de que vivió, según se ha escrito, encantado por una especie de sirena, su compañera inseparable, sin acordarse de comer, de beber, ni del aseo de su persona...» Lo cual es bastante y sobrado decir de un mísero mortal, pero nunca llega á las exageradas alabanzas y pasmosas sorpresas de Morales.

De todos modos, el relato de este escritor prueba que, si sabía lo del relój de Bolonia, no tuvo por conveniente referirlo en las *Antigüedades de España;* y que, si lo ignoraba, sería porque Juanelo tuvo muy buen cuidado de no enterarle de la ocasión y circunstancias en que entró al servicio del Emperador.

Llaguno y Cean Bermúdez, en su obra ya citada (1), se disculpan de incluir á Juanelo entre los Arquitectos, por considerarle como á uno de los primeros matemáticos de su tiempo, y por ser autor del Artificio «que tiene tanta relación con la arquitectura hidráulica». Repiten, en extracto, después, lo que dice Morales del reloj y queda ya apuntado, y en la página 101 del tomo 2.° de las *Noticias de los Arquitectos*, en una nota, se expresan de este modo:

«Dice Sacco en el libro 7.° de su historia Tricense (2), que el año 1529, cuando se coronó en Bolonia Carlos V, le presentaron un relój de hierro, que no solameute señalaba las horas, sino también el curso del sol, de la luna y demás planetas, traido de Pavía, en

---

(1) *Noticias de los Arquitectos,* etc. t. II, pág. 246.

(2) *De Italicarum rerum varietate et elegantia.* Libri. X in quibus..... Ac de Ticinensium rebus antiquitus gestis..... Bernardo Sacco Ticinensi patritio auctore. Anno 1566 edita..... Tizini. Apud. Hyeronim. Bartolum. 1587.—Ticinum es nombre que se da á Pavía, por estar bañada esta ciudad por el río Ticinus ó Tesino, por lo cual Cean Beimúdez debió escribir *Historia Ticinense* en vez de *Tricense.*



cuyo castillo aseguraban haberle inventado y construido el famoso Severino Boecio, autor del tratado de *Consolatione*..... Si esto es cierto, como lo parece, pues que Boecio, antes de ir preso á Pavía ya había traducido en Roma, del griego al latín, á Pitágoras el músico, á Nicomacho el Aritmético, y á Euclides el Geómetra, é inventado un instrumento músico y el primer relój con pesas (1), siendo además uno de los primeros sabios de su tiempo, no se debe dudar de que Janelo haya sido solamente un imitador ó copiante del reloj de Boecio, y no el inventor, como afirma Morales, del suyo; pero pudo muy bien haber ocupado más de los veinte años en la ejecución por el mal estado en que hallaría el otro después de mil años de construido.»

De modo, que Llaguno y Cean Bermúdez declaran que Juanelo no fué el inventor del relój, y se apoyan en la autoridad de Bernardo Sacco para atribuir á Boecio su construcción, y esto es inexacto, como luego se verá. Severino Boecio, filósofo, matemático y hombre de Estado, como dicen sus biografías, nació en Roma ó en Milán en 470, y murió decapitado en 525; y la coronación de Carlos V, en Bolonia, tuvo lugar en 1529, es decir, mil años después, que sería la edad del relój, si realmente hubiera sido el de Boecio el que le presentaron. Stirling, en la vida monacal de Carlos V (2), tomando por autoridad á Falconnet, que, á su vez se apoya en la de Sacco, acepta una versión, según la cual el relój vino de París, y dice:

«Cuando se coronó D. Carlos en Bolonia, en 1530, le trajeron de regalo desde París un antiguo y curioso reloj, construido por Zelandín en 1402 para Juan Galeazzo Visconti. Hallándose muy deteriorado, se buscó á Turriano que lo restauró, ó, mejor dicho, que hizo uno

(1) En tiempo de Arquímedes eran conocidos los relojes de ruedas, movidos con resortes y pesas; es decir, siete siglos antes de que naciera Severino Boecio. Esta noticia, que no hemos visto confirmada por ningún otro autor, se encuentra en la obra titulada *Te New American Ciclopedia*. edit. by G. Kipley and C. A. Dana. New York, 1864: vol. V, pág. 357.

(2) *The Cloister Life of the Emperor Charles the Fifth*. by W. Stirling. 3 edit. London MDCCCLII, pág. 76.

nuevo con los materiales carcomidos por el orín, con tanta habilidad, que el Emperador le tomó á su servicio y se lo trajo á España (1).»

De Zelandín ni de la procedencia de París tampoco hay noticia en la obra de Sacco, y no es posible que este autor ni otro alguno pueda decir á la vez que el reloj presentado al Emperador en 1529 había sido construido por Boecio, como aseguran Llaguno y Cean Bermúdez, que el mismo reloj se hubiese fabricado en el siglo XV para Galeazzo Visconti, como afirman Stirling y Falconnet. He consultado la obra de Sacco, y ni dice lo que admiten Llaguno y Cean Bermúdez, ni hay en ella nada que autorice la versión de Falconnet, aceptada por Stirling. Sacco publicó el libro *De Italicarum rerum varietate*, en Pavía, de donde era natural, y de donde procedía el reloj, y refiere hechos que pasaron en Italia cuarenta años antes de la aparición de su obra, por lo que las noticias recogidas en ella pueden ser aceptadas como las más verídicas y exactas. En el capítulo 7.° trata de los relojes construidos en Italia, y en la página 149 dice lo siguiente:

«Viviendo en gran amistad Candibalbo y Theodorico, Rey de Borgoña el primero y de los Visigodos el segundo, procuraron afirmar sus relaciones con magníficos presentes, entre los cuales fueron los más dignos de admiración dos relojes fabricados en Roma con maravilloso artificio por Severino Boecio, al cual escribió una carta el mismo Rey Theodorico, que copia Cassiodoro en sus obras, y de la que Sacco inserta el siguiente extracto: «En ella escribe el Rey á Boecio, que el Señor de Borgoña le pide con insistencia que le remita aquel reloj que vierte el agua en la rueda y se muestra el sol con su luz y las instrucciones para manejarlo (2). En otra carta de Theodorico á Candibalbo, le avisa que los portadores pondrán en su presencia dos relojes que destina para su deleite. En el uno, cons-

---

(1) FALCONNET. *Memoires de L'Academie de París*. 4.°: París, 1753. vol. XX, página 440. Cita como autoridad á Bernardo Sacco. *De Italicarum Rerum Varietate*, lib. VII, c. 17. Papiae, 1565.

(2) Ut horologium quod aquis sub modulo defluentibus, et quod Solis comprehensa illuminatione distinguitur cum magistris rerum ei transmitteremus.



truido con ingenio y arte, se puede recorrer todo lo que es conocido de los espacios celestes. El otro muestra el curso del sol, sin contenerlo, marcando la hora por las gotas de agua.....»

Trata después Sacco, en el mismo libro, de los relojes de su tiempo, que no conocieron los antiguos, y empieza por declarar que no cree necesario demostrarlo, pues basta consultar lo escrito por Plinio en el libro 2.º, capítulo 76, y en el último del libro 7.º, en que se hace mención de los relojes, y sigue: «Boecio, que construyó en Roma los dos memorables relojes, es el más digno de celebridad, y después de su muerte no ha habido en Italia quien ejecutara tales obras.» Más adelante, añade: «Reinando Galazzo Visconti, se construyó un reloj que no solo señalaba las horas, sino también los astros, marcándolos con notas ó manchas; anunciaba las estaciones y el curso del sol y el de la luna, *ignorándose quien fuera su autor* (1). Este reloj se colocó en la torre de la fortaleza de Pavía, y, muerto el Príncipe, quedó abandonada aquella obra maravillosa, de la que se sustrajeron algunas ruedas: hasta que un siglo después, en el año 1529, en que el Emperador Carlos V se coronó en Bolonia, se lo ofrecieron como presente, en el estado en que se hallaba, descompuesto y con todas sus piezas corroidas por el orin. Admirado el Emperador de esta máquina, mandó que se repusiera, y, buscando artífices por todas partes, se presentaron varios que intentaron en vano componerla; pero uno, natural de Cremona, llamado Juan y conocido con el sobrenombre de Janelo, tosco de aspecto, aunque de ingenio claro, declaró, después de haber examinado tan maravillosa máquina, que podría repararse; solo que, á causa de la corrosión de las piezas de hierro, era imposible utilizarlas, y sería preferible construir un reloj nuevo semejante al antiguo y dispuesto con la misma simetría. Emprendida la obra, imitando al autor, igualándole en mérito, sobrepujándole en ocasiones y trabajando diariamente, consiguió terminarlo. Admirar puede nuestra edad, lo mismo que la antigua, á

(1) Cujus operis auctor ignoratur.



sus artífices, de los que España se aprovecha, como en otro tiempo se aprovechó el Rey de Borgoña.»

Sacco, en la precedente relación, dice terminantemente: que Boecio construyó en el siglo V dos relojes, uno de ellos de agua, que sería reproducción de la Clepsidra de Ctesibio, y no dice que el otro se moviera con pesas, ni tampoco indica cuál fué el paradero de estas obras, que califica de maravillosas. Añade que después de Boecio no hubo en Italia artífices capaces de construirlos, y que solamente al cabo de mil años de su muerte se fabricó, por autor desconocido, para Galeazzo Visconti, uno, que fué precisamente el que se colocó en la torre de la fortaleza de Pavía, y de allí se trajo como presente al Emperador cuando se coronó en Bolonia, y fué el que Juanelo restauró ó tomó por modelo para la obra que tanto ensalza Morales. De modo que, tomando por autoridad á Sacco, Cean Bermúdez, Stirling y Falconnet, debe presumirse que lo hicieron por referencias inexactas, ó que, si consultaron el original, lo hicieron con sobrada premura ó reparable negligencia.

El reloj, de unos dos pies de diámetro, era casi esférico, aunque un poco más ancho que alto. Terminaba por la parte superior en forma de cúpula, y sobre ella iba colocada una torre pequeña con la campanilla de las horas y el despertador.

La cubierta exterior, de latón dorado, dejaba algunos espacios en claro, por los que se veían los movimientos en su mayor parte. Por el juego de dos ó tres muelles, dice Morales, (1) «anda todo á sus pasos diferentes. Saturno en sus treinta años, y el primer moble en un día, y el sol en un año, y la luna en un mes, por la Eclíptica, y así estos y los demás en los otros sus propios movimientos. Preguntóle el Emperador qué pensaba escribir en el relox. El respondió que esto: *Jannelus Turrianus Cremonensis horologiorum architector*. Parando él aquí, añadió S. M. *Facile Princeps*, y así está puesto todo junto. En otra parte donde está el retrato de Janelo

(1) *Las Antigüedades de las ciudades de España*, t. IX, pág. 339, de la *Crónica general de España*.

dice: *Qui sin scies si par opus facere conaberis.*» Morales traduce de este modo la sentencia: «Entenderás quien soy, si acometieres á hacer otra obra igual desta.» Aunque las planchas de latón tienen descubiertos los movimientos de los planetas y otros muchos más encubren todo el movimiento interior de las ruedas. Por esto, hizo otro relox quadrado, algo menor que el otro y con menos movimientos y púsole las cubiertas de cristal para que se pareciesen todos los movimientos de todas las ruedas. En este relox puso una harto ingeniosa y filosófica letra»:

»UT ME FUGIENTEM AGNOSCAM.»

Refiere también Morales que Juanelo inventó un molino de hierro tan pequeño, que se llevaba en la manga y molía dos celemines al día, «pudiendo ser de mucho provecho para un ejército, un cerco y para los que navegan, *pues se mueve él solo sin que nadie lo traiga.*» No se sabe qué admirar más, si la habilidad con que Juanelo ocultó el resorte, ó la candidez de Morales al examinar el molino.

Cuenta, además, que queriendo Juanelo «renovar, por regocijo, las estatuas antiguas que se movían y que los griegos llaman autómatas, hizo una dama de más de una tercia de alto, que puesta sobre una mesa, danza por toda ella al son de su atambor, que ella misma va tocando, y da sus vueltas tornando á donde partió; y aunque es juguete y cosa de risa, todavía tiene mucho de aquel alto ingenio.» Estrada (1), á las maravillas que describe Morales, añade otras, como figurillas de soldados que combatían, de caballos que se encabritaban, de guerreros que tocaban tambores y hacían sonar trompetas, y de pájaros que volaban por la habitación como si estuvieran vivos.

---

(1) FAMIANI STRADA, *Romani è Societate Jesu. De Bello Belgico; decas prima. An. MDCCVIII* pág. 8. Habla de Juanelo como de un hombre de superior ingenio, llamándole el Arquímedes de su tiempo.

No acertaré á fijar las épocas en que hizo estos juguetes, que tanta admiración causaron á sus contemporáneos (1), porque en los 27 años que median entre el de 1529, en que examinó el reloj, al tiempo de la coronación en Bolonia, y el de 1556 en que fué al retiro de Yuste con el Emperador, se sabe con certeza que trabajó en los dos relojes, en el grande y en el que llevaba cubierta de cristal; pero no está comprobado si en este tiempo construyó todas, ó solamente algunas de las máquinas mencionadas.

El Emperador vivió dos años escasos en Yuste, y en los ratos que le quedaban libres, después de cumplir los deberes espirituales que se había impuesto y de despachar su correspondencia y los asuntos de Estado, iba al taller de Juanelo, á cuyo cuidado estaban los relojes grandes y los de bolsillo que ya se usaban, y ayudaba á su mecánico en la reparación y construcción de estos instrumentos, cuyas ruedas, según dice Estrada, sujetaba con más facilidad que la de la fortuna.

Algún autor (2) asegura que Juanelo era la primera persona que por la mañana recibía en su dormitorio el Emperador, pero parece

---

(1) Covarrubias, en *El Tesoro de la Lengua Castellana*, impreso en Madrid en 1611, aunque incluye estas obras de Juanelo en la palabra *Títeres*, después de describir algunos de ellos, añade: «En nuestro tiempo lo hemos visto y fué invención de Ioanelo, gran matemático y segundo Arquímedes.

(2) Bakhuizen van den Brink. «*La Retraite de Charles Quint, Analyse d'un manuscript espagnol contemporain par un Religieux de l'ordre de St. Jerôme à Juste.* Tal es el título de una Memoria presentada por el autor citado á la Real Academia de Bélgica y publicada en el *Compte rendu des seances de la Commission royale d'histoire ou recueil de sex bulletins, Deuxieme serie T. I. Prem. Bullet*, 8° (*Bruselles* 1850) *pag*. 33. Se tiraron aparte unos pocos ejemplares de la Memoria, y uno de ellos vino á manos de Stirling, de cuya obra antes citada (*Clooister Life of the Empheror Charles the Fifth, pag. XIX*) se ha copiado la noticia precedente. El manuscrito, hábilmente analizado por Bakhuinzen, se conserva en la Cour d'appel de Bruselas. Consta de 55 páginas en fólio, de letra de fines del siglo diez y seis ó principios del diez y siete, y su título es el siguiente: *Historia breve y sumaria de como el Emperador Carlos Quinto, nuestro Señor, trató de venir á se recoger al Monasterio de San Hieronimo de Juste, que es en la Vera de Plasencia y renunciar sus Estados en el príncipe Don Phelipe, su hiio, y del modo y manera que vivió un año y ocho meses menos nueve días que estuvo en este Monasterio hasta que murió, y de las cosas que*



preferible la narración de Fr. J. Sigüenza, Prior del Escorial é historiador de la Orden de Jerónimos, según la cual entraba primero el padre Regla para enterarse de cómo había pasado la noche y asistirle en sus oraciones privadas; después el doctor Mathys; y Turriano, el mecánico, se contaba entre las primeras visitas que recibía S. M.

Ignoro también dónde se colocaron los dos relojes después de la muerte del Emperador, y el paradero de los juguetes. El único documento en que se vuelve á hablar de estas obras, es una cédula de 26 de Mayo de 1566, en que el Rey mandó pagar á Juanelo dos mil setecientos cincuenta ducados (siete mil quinientas ochenta y tres pesetas) por un reloj de cristal que había hecho, partiendo la diferencia entre dos mil quinientos y tres mil ducados, en que fué valuado por diferentes tasadores. El grande es de suponer que lo habría pagado el Emperador.

Nada más he podido averiguar acerca de la vida y ocupaciones de Juanelo desde la coronación en Bolonia, 1529, hasta la muerte del Emperador en 1558.

Pasa Juanelo al servicio del Rey D. Felipe II

DESCRIPCIÓN DEL ARTIFICIO

A la muerte del Emperador, el Rey D. Felipe II, que se hallaba en Flandes, invitó á Juanelo á que se quedara á su servicio, con obligación de residir en sus reinos, señalándole doscientos ducados anuales por vía de entretenimiento, que, hasta fin de 1561, le fueron abonados por el Tesorero general Domingo Orbea. Acudió después al

acaecieron en su vida y muerte. El autor del manuscrito oculta su nombre, pero declara que era monje en el convento de Yuste, uno de los cuatro que velaron el cuerpo del Emperador, y que se halló entre los ocho que fueron á acompañar el cadáver, cuando en 1574 fué trasladado al Escorial por órden del rey D. Felipe II.

Rey suplicándole que le aumentara la pensión, porque no podía sustentarse con ella y era inferior á la que le tenía señalada su padre el Emperador; y el Rey, en atención á sus servicios, á su suficiencia y habilidad, ordenó que desde 1.º de Julio de 1562 se duplicase el entretenimiento (1), que se fijó en *cuatrocientos ducados anuales*, que montan *seiscientos mil maravedises* (2), con obligación de residir en la Corte y de hacer relojes y otras cosas de su profesión. Además se le pagarían todas las obras que hiciese para servicio del Rey, según fuesen estimadas y apreciadas.

En otra cédula, fechada en el Bosque de Segovia (Valsain) á 26 de Mayo de 1563, dió el Rey licencia á Juanelo Turriano «nuestro criado y maestro de hacer relojes y *otros artificios*», dice el documento original, para que pudiera quedarse en Madrid ó en Toledo á hacer «*ciertas cosas*» de su profesión tocantes al servicio del Rey, según lo dejaba ordenado, y mientras iba á celebrar Cortes de la Corona de Aragón. Infiero que estas «ciertas cosas» eran el artificio para subir el agua del Tajo al Alcázar, confrontando la fecha de esta cédula con las que se citan en otra orden de 20 de Octubre de 1570, extractada en la pág. 18, y según la cual tuvo Juanelo ocupado el molino junto al puente de Alcántara desde 1.º de Enero de 1564 á 14 de Mayo de 1566; debiendo añadir ahora que por otra cédula de

---

(1) La cédula real, refrendada por Pedro de Hoyo y dirigida al pagador de las obras del Alcázar de Madrid, está fechada en Madrid á 16 de Julio de 1562. Puede verse la copia de este documento en la pág. 245 del t. II de las *Noticias de los Arquitectos y Arquitectura de España*, por Llaguno y Ceán Bermúdez. Madrid, 1829.

(2) Debe decir ciento cincuenta mil maravedís en vez de seiscientos mil. El error es manifiesto, porque un ducado valía 11 reales y un maravedí (*Breve Cotejo y Valance de pesas y monedas*, por D. José García Cavallero. Madrid, 1731, pág. 219); y teniendo cada real treinta y cuatro maravedís, un ducado tendría trescientos setenta y cinco maravedís y cuatrocientos ducados ciento cincuenta mil maravedís, y se comprueba con otros documentos de aquella época, en que se estampan equivalencias iguales á la apuntada. En real cédula, por ejemplo, de 16 de Agosto de 1563 manda el Rey al pagador de los Alcázares de Madrid abonar á Juan Bautista Toledo, Arquitecto mayor de ellos, doscientos ducados, que montan setenta y cinco mil maravedises, de modo que el duplo, es decir, cuatrocientos ducados, debían valer ciento cincuenta y no seiscientos mil maravedís.

la misma fecha (20 Octubre de 1570) manda el Rey comprar el molino que Juanelo había elegido y señalado para sentar y plantar el artificio. «Y porque estando, como ya está hecho el dicho ingenio, y habiendo de quedar y permanecer en dicho sitio, habemos acordado de mandar comprar y que se compre para Nos y para servicio de dicho ingenio el dicho molino» (1).

Es, por consiguiente, claro y terminante, que el Rey le dió licencia á mediados de 1563 para que se quedase en Madrid ó en Toledo; que desde 1.° de Enero del año siguiente de 1564 tuvo ocupado el molino; y que en 1570 funcionaba el artificio, que, según declara Juanelo en un poder que otorgó á favor de Juan Antonio Fascole, y del que á su tiempo se hablará, se terminó en 1568.

Juanelo contó á Morales que, hallándose aún en Italia, oyó al Marqués del Vasto dolerse de la escasez de agua que sufrían los toledanos por la dificultad de elevar la del Tajo á la gran altura en que se encuentra la ciudad, asegurándole que desde aquel día había empezado á proyectar el artificio, que sólo al cabo de 38 años pudo ver instalado. Estrada lo confirma hablando de la historia del Emperador en Yuste, pues supone que tomaría parte en el estudio del acueducto de Toledo, en el que constantemente meditaba Turriano (2) y de cuya máquina hace también los mayores elogios.

El Lombardo construyó primero un modelo del aparato, y Morales, que tuvo ocasión de examinarlo, describe de este modo lo que él llama la grandeza y extraña profundidad de la invención. «La suma de ella es enexar (3) ó engornar (4) unos maderos pequeños en cruz por en medio, y por los extremos, de la manera que en Roberto Valturio está una máquina para levantar un hombre en alto. Estando todo el trecho así encadenado, al moverse los dos primeros maderos junto

(1) *Noticia de los Arquitectos*. t. II, pág. 246.

(2) *Quim etiam ad Toletani Aquæductus archytecturam, cujus imaginem tum concipiebat animo Turrianus*. De Bello Bélgico, Decas prima, pág. 8.

(3) Enejar. Echar eje á un carro, etc., ó poner una cosa en eje. *Diccionario de la Lengua Castellana*. Undécima edición.

(4) Engoznar. Clavar ó fijar goznes. Ib.

al río, se mueven los demás hasta el alcázar con gran sosiego y suavidad. Y esto ya parece que estaba hallado por Valturio..... Mas lo que es todo suyo (de Juanelo), es haber enexado y engornado *en este movimiento de la madera unos caños largos de latón, cuasi de una braza en largo, con dos vasos del mismo metal á los cabos, los cuales, subiendo y abaxando con el movimiento de la madera, al baxar el uno va lleno y el otro vacío, y juntándose por el lado ambos, están quedos todo el tiempo que es menester para que el lleno derrame en el vacío. En acabando de hacer esto, el lleno se levanta para baxarse y juntarse con el lleno de atrás, que también se baxa para henchirle.....*

Esta es la suma del artificio.»

He suprimido las interminables alabanzas al inventor que en ella intercala Morales, y las repeticiones con que pretende aclarar lo que resultará siempre oscuro y confuso sin el auxilio de un diseño. Yo declaro que, después de haber leido muchas veces la relación de Morales y de haber intentado con el lápiz y el compás trazar la máquina de Juanelo, tuve que rendirme, convencido de que el empeño era superior á mis fuerzas. Los autores que tratan del artificio no deben haber sido más afortunados, porque todos se limitan á copiar ó á extractar la noticia de Morales, sin añadir cosa alguna para aclararla. He buscado un dibujo del artificio, sin fruto alguno, en archivos y bibliotecas; y, perdida la esperanza de llegar por este camino á ver satisfecha mi curiosidad, me decidí á hojear obras de arquitectura, de mecánica y de arte militar de aquella época, en busca de láminas ó descripciones de algo que pudiera parecerse al artificio, y lo que con diligencia y trabajo no pude conseguir, me lo proporcionó la casualidad, examinando un libro rarísimo que D. Constantino Ardanáz, amigo mío y distinguido y sabio Ingeniero del Cuerpo de Caminos, Canales y Puertos, que tantos hombres esclarecidos ha dado á la patria, trajo de Italia cuando volvió de estudiar los célebres riegos del Milanesado y de la Lombardía. El título de la obra es el siguiente:



J. Laurent y C.ª, Fotog.ª Madrid.

MAQUINA DE RAMELLI,

PARA ELEVAR EL AGUA DE UN RIO.

Le diverse et artificiose Machine del Capitano Agostino Ramelli dal ponte della Tresia, Ingeniero del Chrifftianifimo Re di France et di Pollonia.

Nelliquali si contegno varij et industriose Movimenti degni dà grandissima speculatione per cavarne beneficio infinito in ogni sorti d' operatione.

Composte en lingua Italiana et Francese,

A Parigi in Cafa del autore, cõ privilegios del Re.

1588.

Quiso la casualidad que yo abriese este libro por la lámina correspondiente al cap. XCV, que representa una máquina para elevar agua, en la que inmediatamente reconocí el artificio de Juanelo que describe Morales, descripción que se había grabado de tal manera en mi memoria, que sin necesidad de acudir al texto se aclararon mis dudas y comprendí, como comprenderá inmediatamente el lector, con la simple inspección de la lámina adjunta (*figura* 2.ª), la ponderada máquina de Toledo.

Dí cuenta de este hallazgo á D. Juan Eugenio Hartzenbusch, y al cabo de algunos días me enseñó un ejemplar (1) en perfecto estado de conservación, que existe en la Biblioteca Nacional, donde podrán disfrutar de los magníficos grabados que contiene los aficionados á combinaciones de movimientos complicados é ingeniosos.

A, en la lámina adjunta (*figura* 2.ª), representa una rueda hidráulica de paletas, *a a*, movida por la corriente de un río. En el centro de la corona de la rueda hay colocados unos cajones ó vasos, *b b*, que recogen el agua en el río y la elevan vertiéndola de costado en el receptáculo *R*, exactamente como en los Azudes ó Azudas, que todavía

(1) Esta obra es tan rara, que Ewbank, uno de los autores más diligentes y afortunados en la investigación de libros de la antigüedad, se lamenta en su historia, citada con repetición en esta noticia, de no haber hallado un solo ejemplar de ella en toda América.

se ven en el Genil, Guadalquivir y otros ríos de España y que en las huertas de Orihuela y Murcia llaman Noras.

En el eje de la rueda hidráulica van colocadas dos ruedas dentadas, *G* y *H*, que giran naturalmente en el mismo sentido que la rueda motriz, pero que alternativamente, porque á la vez sería imposible estando ajustadas en el mismo eje, engranan con la linterna *I*. Estas ruedas, por consiguiente, no tienen dientes en toda su corona, sino en uno de sus cuatro cuadrantes, y en cada uno de ellos es distinto; es decir, que si se numeran los cuadrantes, y la *G*, por ejemplo, lleva dientes en el primero, la *H* los lleva en el tercero, con el fin de que, girando sin cesar las dos con el eje de la rueda motriz, los dientes de *G*, engranando en los husillos de la linterna *I*, la obliguen á girar hacia la izquierda (del que mira de frente á la lámina) todo el tiempo que empleen las ruedas en la revolución de los primeros cuadrantes; mientras pasan los segundos, en los que no hay dientes ni de *G* ni de *H*, la linterna estará inmóvil; pero al llegar á los terceros aparecen los dientes de *H*, que hacen girar á la linterna *I* á la derecha, que estará otra vez inmóvil mientras pasen los cuartos cuadrantes, en que tampoco hay dientes. De este modo se consigue comunicar á la linterna un movimiento giratorio alternativo á derecha é izquierda, con paradas también alternativas, sin que cese el movimiento de la rueda motriz ó hidráulica.

La linterna *I* gira con su eje vertical, que se prolonga hacia arriba para recibir otra linterna, *L*, en la que se repiten los movimientos y paradas de la linterna inferior *I*.

La *L* trasmite sus movimientos á dos trozos de ruedas dentadas, *E*, *V*, cada una de las cuales lleva su eje independiente, y los dientes, á diferencia de lo explicado para las inferiores, están los de una rueda enfrente de los de la otra, para que, cuando la linterna *L* gire de derecha á izquierda, ó viceversa, engranen á un tiempo las dos ruedas *E*, *V* en sus husillos, y comuniquen á la vez movimiento á los tirantes de hierro, ascendentes, *P* y *F*, de avance al uno y de retroceso al otro, porque las dos ruedas *E* y *V*, engranando á la vez en la linterna, tienen forzosamente que girar en sentidos opuestos.



Como á los tirantes van unidos, en dos filas paralelas, los brazos *MM.....* y *OO.....* y sobre ellos sujetas las canales y cajas *K*, *B*, se logra que estas suban y bajen alternativamente, vertiendo las *M M.....* el agua, que recibieron en la oscilación anterior, en las *OO.....* y tomando agua la *D* en el recipiente cuando la máquina se halla en el período de movimiento que indica la lámina, es decir, cuando el tirante *F* ha avanzado y el *P* retrocedido.

A este movimiento sigue una parada por la dependencia en que están los tirantes de hierro con los movimientos y paradas de la linterna *I*. Durante ella, los vasos *M*, *M.....* se desaguan y llenan las cajas de los *O*, *O.....* Terminada la pausa, las linternas *I* y *L* giran á la izquierda, y la última en su movimiento arrastra á la rueda *V*, que hace avanzar al tirante *P* para que los vasos *M*, *M.....*, ya vacíos, vengan á colocarse en posición de recibir (en una posición semejante á la que tienen en el dibujo los *O*, *O.....*) y también á la rueda *E*, que hace retroceder al tirante *F*, para que los vasos *O*, *O....* se levanten y viertan en los *M*, *M.....* durante una pausa en que pasan cuadrantes de las ruedas *G* y *H*, que no están dentados.

En la lámina de Ramelli, las canales *K*, *B*, están representados en una posición inclinada fuera de los planos verticales, correspondientes á los maderos *N*, *S*; pero en esta forma, al bajar *K*, por ejemplo, para recibir el agua de *D*, la caja quedaría muy apartada de esta última; y con el fin de que el lector pueda fijarse en la verdadera posición de estas cajas, he trazado el croquis adjunto (*fig.* 3.ª), en el que se representan en proyección horizontal sobre los dos ma-

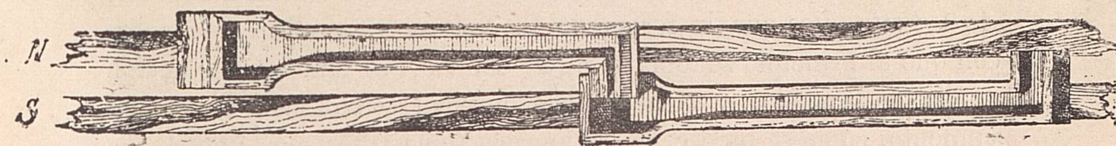


Figura 3.ª

deros *N*, *S*, y en el que se demuestra *que se juntan por el lado ambos*, como dice el cronista.

Si el lector, en vez de las cajas y canales *K*, *B*, coloca mentalmente vasos y tubos de latón sobre las palancas *M*, *M*..... *O*, *O*...., observará que se realizan, con la máquina descrita, los movimientos, pausas y elevación del agua en la misma forma que describe Morales el artificio de Juanelo.

En éste había también su rueda hidráulica, aunque no la mencione el cronista en la descripción que él titula *La manera del acueducto*; pero á esta sigue la exposición de *dos cosas de extraña maravilla*, que no son más que consecuencias de los movimientos explicados, y viene lo que llama *comparación*, en la que se explica de este modo: «Las particularidades de grande maravilla que hay en el artificio son muchas; mas dos ponen mayor espanto que todas las otras. La una es templar los movimientos diversos, con tal medida y proporción, que estén concordes unos con otros y sujetos al primero de la *rueda que se mueve con el agua del río,* como en la más baja arteria del pie humano y en la más alta de la cabeza se guarda una perpétua uniformidad y correspondencia.....» La otra particularidad de grande maravilla, de que habla Morales, es que sin cesar el movimiento de la madera (de la rueda del río y de las dentadas) se paren los caños el tiempo necesario para henchirse los unos y vaciarse los otros: lo cual no le hubiera parecido sorprendente ni pasmoso si se hubiera fijado algo más en los movimientos de las ruedas y de las linternas que él llama madera.

En la rueda hidráulica del artificio no había los cajones *b*, *b*..... de la lámina del Libro de Ramelli, que se ha explicado, porque en otro párrafo separado, que titula *Particularidades maravillosas del Aqüeducto,* dice que la forma de la cadena y arcaduzes de cobre con que al principio se toma el agua del río, es también invención propia de Juanelo, y tiene mucha novedad y facilidad en el movimiento, como se parece en las anorias semejantes que Juanelo ha hecho después en Madrid. La *figura* 4.ª, (1) copiada de la obra ma-

(1) Existe en la Biblioteca nacional una obra manuscrita, titulada *Los veinte y un libros de los Ingenios y Máquinas de Juanelo*, los cuales mandó escribir y de-

nuscrita de Juanelo, representa una de las Anorias de Madrid. La única novedad que en ella se advierte es, que en el fondo del pozo se

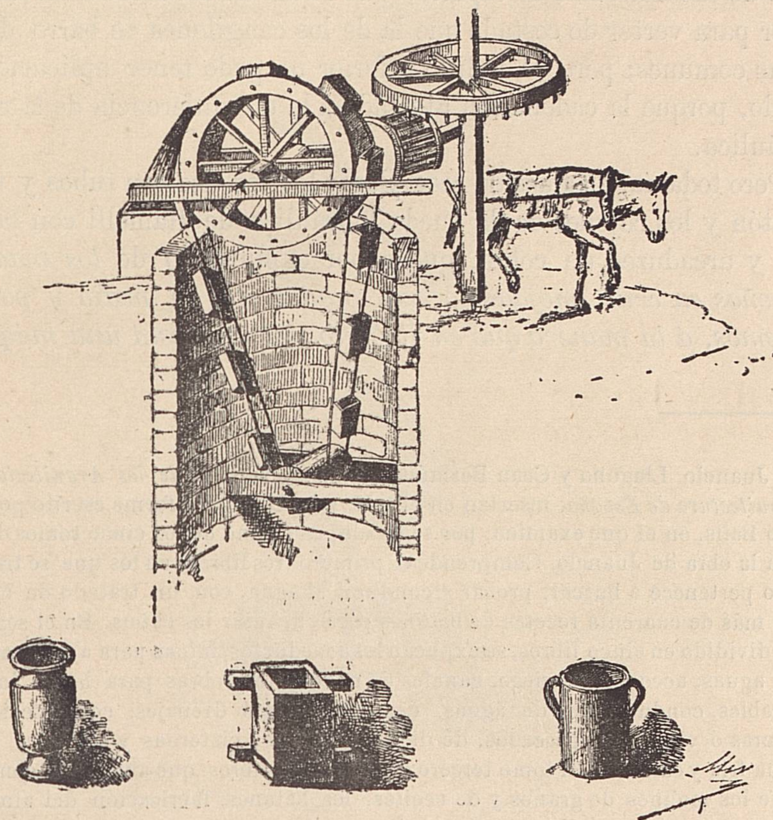


Figura 4.ª

ha colocado un rodillo para guiar las cadenas, como si se hubiera propuesto Juanelo aumentar, sin necesidad alguna, el rozamiento en el

mostrar el católico Rey D. Felipe II, Rey de las Españas y Nuevo Mundo. Dedicados al Serenísimo Sr. D. Juan de Austria, hijo del católico Rey D. Felipe IV, Rey de las Españas. La dedicatoria no puede ser de Juanelo, que murió mucho antes de que naciera el Principe, lo cual, unido á los claros que se advierten en la obra y á algunos pasajes ininteligibles, han hecho sospechar que los manuscritos de la Biblioteca Nacional no sean el original, sino una copia de la que es-

aparato. La cadena de cobre, cuya construcción no puede averiguarse por el dibujo, es un verdadero perfeccionamiento en reemplazo de las maromas de esparto, y la forma de los arcaduces, mucho mejor para verter de costado que la de los cangilones de barro de las norias comunes; pero el rodillo inferior no pudo tener aplicación en Toledo, porque la cadena iba ajustada á la circunferencia de la rueda hidráulica.

Pero todavía, después de reemplazar los canales con tubos y vasos de latón y los cajones de la rueda hidráulica de Ramelli con la cadena y arcaduzes de cobre, queda por explicar lo de *los maderos pequeños en cruz enejados ó engoznados por en medio y por los extremos, á la manera que en Roberto Valturio está una máquina*

---

cribió Juanelo. Llaguno y Cean Bermúdez, en sus *Noticias de los Arquitectos y de la Arquitectura de España*, insertan en el t. II, pág. 250, un informe escrito por Don Benito Bails, en el que examina, por separado, cada uno de los cinco tomos de que consta la obra de Juanelo. Comprende el primero tres libros, en los que se trata de cuanto pertenece á buscar, probar y conducir el agua, con un tratado de nivelación y más de cuarenta recetas de betunes para enchufar los caños. En el segundo tomo, dividido en cinco libros, se explican los acueductos, minas para alumbramientos de aguas, acequias de riego, canales de navegación, obras para hacer los ríos navegables, conducciones de aguas, desecamientos ó drenajes, construcción de pesqueras ó viveros de pescados, de diques y presas, cisternas y algibes y baños de agua fría y caliente. El tomo tercero contiene tres libros, que abrazan la construcción de los molinos de granos y de aceites, los batanes, fabricación del almidón, ingenios de azúcar, de bruñir armas, de lavar lanas y de paños teñidos, fabricación del alumbre y de la sal, y varios modos de sacar agua, levantándola á cierta altura, entre los cuales ni existe la descripción del artificio, ni se hace mención de Toledo ni del río Tajo. El tomo cuarto está dividido en cinco libros, en que se trata de los medios de pasar los ríos, como son las barcas, balsas, puentes de madera, de piedra, de barcas, y con este motivo trata extensamente de la madera, de la piedra y de las fabricaciones del ladrillo, la teja, la cal y el yeso; y por último, describe un puente quebrado, de su invención, para ríos en que han de pasar naves de gran arboladura.

Los tres libros del quinto y último tomo, contienen las Obras marítimas, los relojes de agua y los riegos. Bails califica este tomo del más pobre entre los cinco. Opina que la obra está escrita con poco método, y del estilo dice que, además de su estupenda pesadez y cansabilísimas repeticiones, es bárbaro en casi toda ella.

para levantar un hombre en alto, con cuyas palabras empieza Morales la descripción del Artificio.

La figura 5.ª, tomada de la obra de Valturio (1), representa una escala compuesta de maderillos enajados en cruz por en medio y por

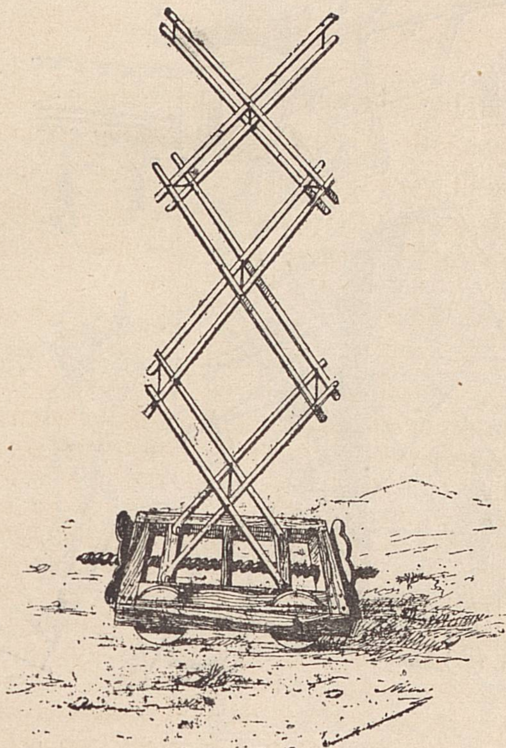


Figura 5.ª

los extremos, cuya invención no puede atribuirse á Valturio, porque en la obra de Vegecio, también *De Re militari*, anterior en más de

(1) ROBERTUM VALTURIUM. *De Re militari*. Lib. X, pág. 259. Parisis, MDXXXIIII. La primera edición es de 1472, y se tradujo al francés en 1555. El autor vivía aún al final del siglo XV.

mil años á la de Valturio, no sólo se encuentra la escala, si no un guerrero subiendo por ella, como puede verse en la figura 6.ª (1)

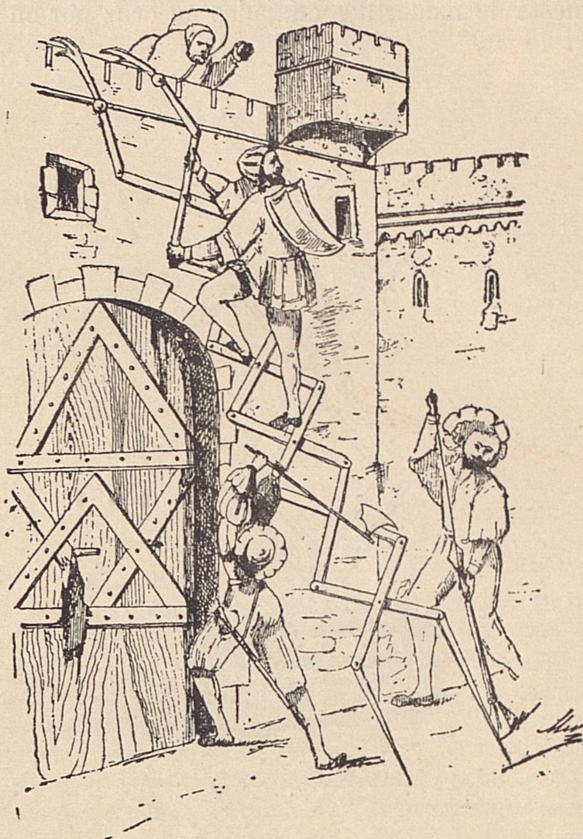


Figura 6.ª

De qué manera aplicó Juanelo esta escala de maderillos al Artificio es lo que no puede inferirse de la descripción de Morales. Sólo

(1) Flavio Vegetii Renati viri. *De Re militari.* Libri V. Apud Christianum Vechelum. Lutetiæ MDXXXII (decimo Kalendas september) pág. 161. Vegecio dedicó su obra, en el siglo IV, al Emperador Valentiniano II.

penetrando en el terreno de las conjeturas será posible completar la máquina con arreglo á esa descripción, fijando el objeto y la situación de la escala. Afortunadamente, la rueda motriz con sus arcadu-

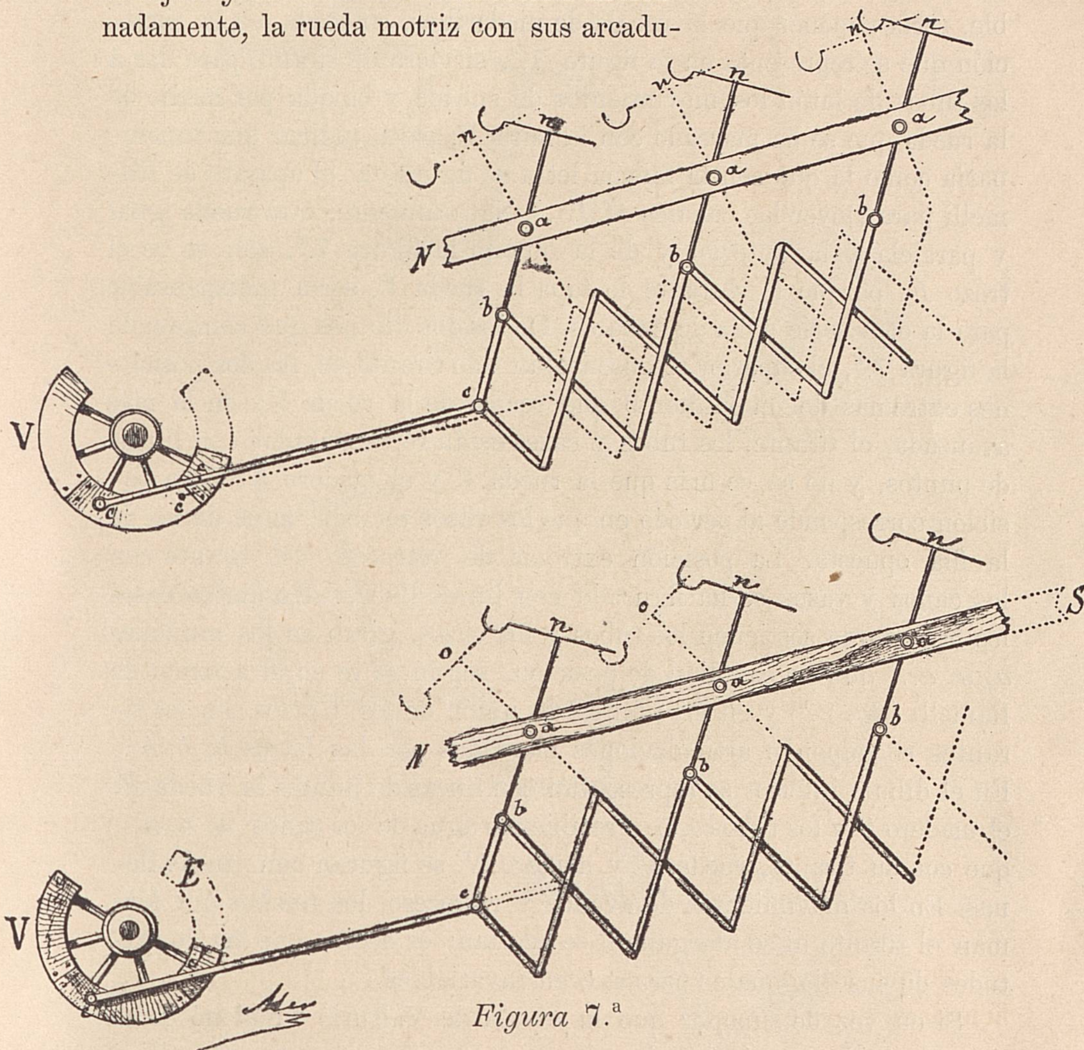


Figura 7.ª

ces, los engranajes de ruedas y linternas, y los movimientos y pausas de los tubos con sus vasos, que es lo esencial, queda aclarado. La escala de maderillos, en mi opinión, servía de tirante ó biela,

como ahora se dice, para la trasmisión del movimiento á los tubos de latón y á los cazos, reemplazando á los tirantes de hierro *P* y *F* de la lámina de Ramelli. Lo más sencillo, y tal vez lo más probable, sería suponer que la escala de maderillos, colocada en la situación que se representa en la figura 7.ª, sirviera de tirante para dar á los tubos de latón los movimientos de subida y bajada por medio de la rueda que se ha marcado con la letra *V*, para indicar que funcionaría como la que con la misma letra se figura en el aparato de Ramelli para mover las canales *MM*..... Naturalmente, otra rueda igual y paralela á la anterior y de la que en la figura 7.ª, sólo se ve el trozo *E*, porque lo restante lo tapa la rueda *V*, sería indispensable para la otra serie ó fila de canales. De los dos dibujos que comprende la figura 7.ª, el superior representa un solo tirante en las dos posiciones extremas del movimiento que recibe de la rueda *V;* en la más avanzada, el tirante, los tubos y cazos están representados con líneas de puntos, y no se ve más que la rueda *V* y el madero *N*. Esta posición corresponde al período en que los vasos reciben agua de los de la fila opuesta. La posición extrema de retroceso del tirante con los caños y vasos se ha figurado con lineas llenas. En ambos casos los brazos que sostienen los tubos y los cazos, giran en los muñones *a*, *a*, *a*... que no cambian de posición, según se ve en el aparato de Ramelli (*fig.* 2.ª) y en los puntos de unión de los brazos con los tirantes se suponen articulaciones marcadas por las letras *b*, *b*, *b*... En el dibujo inferior se representan con líneas de puntos la rueda *E*, el madero *S* y los tubos *o*, *o*... recibiendo agua de los caños *n*, *n*, *n*... que con su tirante, rueda *V* y madero *N* se figuran con líneas llenas. En los movimientos de avance y retroceso, los rombos que forman el tirante ni se alargan ni se acortan; es decir, que las longitudes de sus diagonales permanecen invariables.

Si en vez de suponer que la escala de Valturio funcionó como tirante rígido, según queda expuesto, se pretende que se utilizó como un tirante compuesto de palancas articuladas, serían innecesarios los maderos *N*, *S*.

En la figura 7.ª bis, he representado las posiciones extremas que

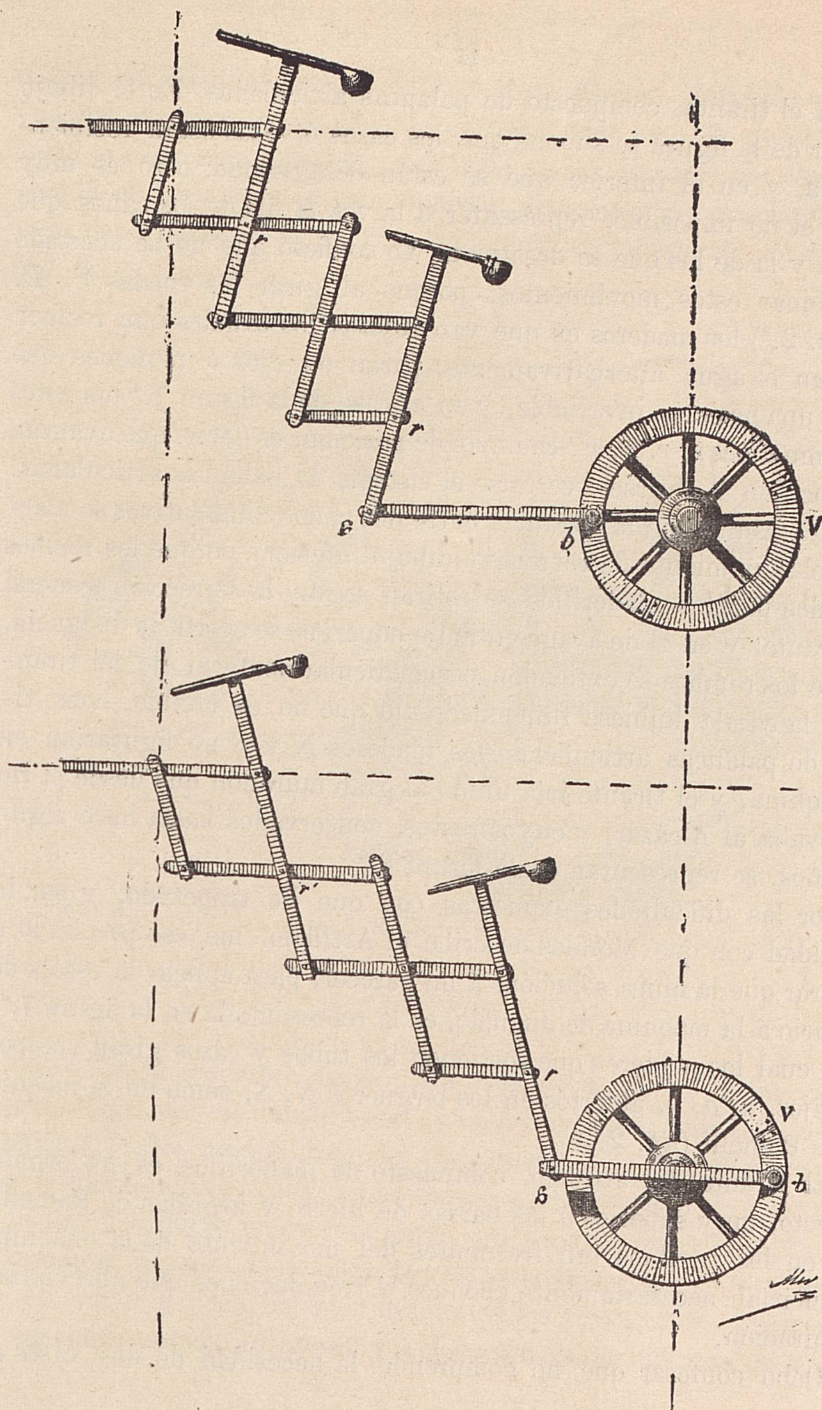


Figura 7.ª bis.

tomaría el tirante, compuesto de palancas articuladas. En el dibujo superior de la figura se supone que los cazos ó vasos están recibiendo agua, y en el inferior que se están desaguando; pero es muy difícil, si no imposible, representar á la vez la fila de los caños que reciben y la de los que se desaguan. Yo confieso que no he acertado á combinar estos movimientos, porque al girar las ruedas *V*, *E*, (*V. fig.* 2.ª) los maderos en que van sujetos los canales que reciben y vacían el agua alternativamente, giran en ejes ó muñones que tienen una posición invariable, y en el caso de la figura 7.ª bis estos ejes ó muñones *r*, *r*, *r'*, *r'*, cambian de posición, es decir, que avanzan y retroceden al abrirse ó cerrarse el sistema de palancas articuladas. De aquí resulta que la distancia entre dos caños consecutivos se alarga en el movimiento de retroceso (dibujo inferior), porque los rombos formados por los maderillos se estiran según la dirección general del tirante; y en el de avance (dibujo superior) se acorta la distancia, porque los rombos se extienden perpendicularmente al eje del tirante. Si la escala hubiese funcionado, lo que no es creible, como tirante de palancas articuladas, los maderos *N* y *S* no figurarían en la máquina, y el tirante iría unido al gran murallón que desde el río se elevaba al Alcázar, y cuyos restos, conservados hasta hace algunos años, se representan en la figura 8.ª

Por las dificultades expuestas con que he tropezado, y por la oscuridad con que Morales describe el Artificio, me veo precisado á declarar que la única solución, á mi parecer, para aplicar la escala de Valturio á la máquina de Juanelo, es la representada en la figura 7.ª, en la cual los maderos que sostienen los tubos y cazos giran en apoyos fijos, *a*, *a*, *a*, abiertos en los largueros *N*, *S*, como en la máquina de Ramelli (*fig.* 2.ª)

El tirante del artificio, compuesto de maderillos, es un órgano perfecto, muy superior á las barras de hierro y argollas de Ramelli, que en los cambios tan frecuentes del movimiento de la máquina producirían necesariamente choques y trepidaciones que abreviarían su duración.

Debo confesar que no comprendo la necesidad de dos vasos en

cada caño, de que Morales habla con repetición. Entiendo que llenándose siempre todos ellos, lo mismo los de una fila que los de la otra, por los extremos más próximos al río, bastaría con uno, pudiendo el tubo, por el lado opuesto, descargar directamente en el vaso del inmediato de la otra fila, como en el aparato de Ramelli (*fig.* 2.ª)

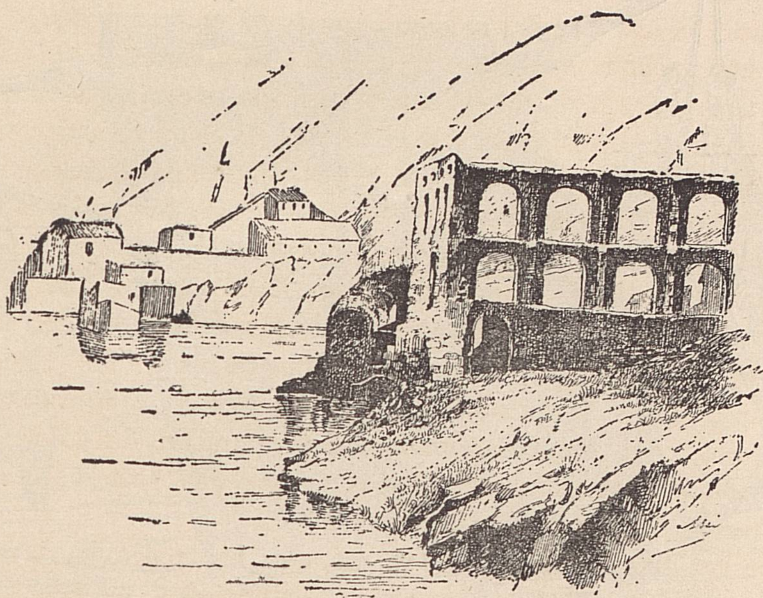


Figura 8.ª

Morales ni define ni da siquiera idea de la forma de los vasos, que el vulgo dió en llamar cazos y cucharas; pero, hablando de las particularidades maravillosas del Acueducto, dice que una de ellas «es la forma de los vasos, acomodada con un estraño talle, para dar y recibir sin que se vierta una gota.....» y sigue, como siempre, ensalzando el ingenio de Juanelo por esta invención. No es fácil deducir de todo ello cómo estarían colocados los vasos; pero creo que no se apartaría mucho su forma y colocación de la figurada en el ad-

junto diseño (*fig.* 9.ª), que representa el recinto en que ha de fundarse la pila de un puente, desaguado por medio de cigüeñales con vasos de extraño talle como diría Morales. El dibujo está tomado de la obra de Ramelli anteriormente citada.

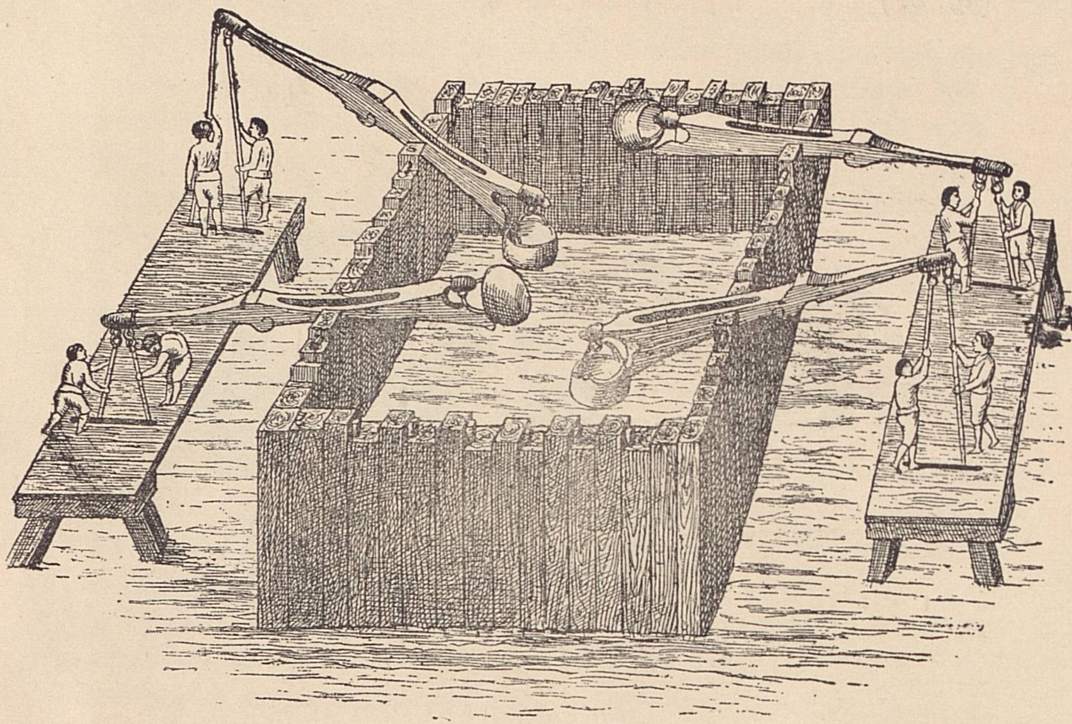


Figura 9.ª

Todavía, en la figura 10.ª, puede verse otro caso parecido en el ingenioso cigüeñal descrito por Besson en el año de 1568 (1) en el

(1) *Teatro de los instrumentos y figuras matemáticas y mecánicas*, compuesto por Diego Besson, Dotor (sic) matemático francés, con la interpretación de cada figura, hechas por Francisco Beroaldo, nuevamente impreso en León de Francia por Horacio Cardon, MDCII.

cual una rueda horizontal de paletas, movida por el agua, hace girar un árbol vertical, al cual va sujeto y gira con él un cono truncado inverso, al que se ha dado una sección oblícua para obtener un borde en espiral. Sobre ella resbala la palanca, en cuyos extremos van los cubos ó vasos del cigüeñal, que, subiendo y bajando alternativamente por la rotación del cono, elevan el agua al recipiente.

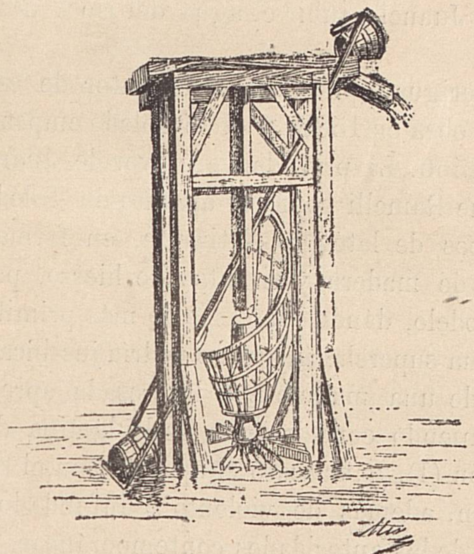


Figura 10.

Juanelo dió prueba evidente de su gran ingenio poniendo en marcha un aparato tan complicado como el Artificio, en el que se emplearon 200 carros de madera «harto delgadita» y 500 quintales de latón (1), porque no teniendo más que una braza de largo cada uno de los tubos y distando el Alcazar 600 metros del río, no baja-

(1) Parece equivocada esta cifra, porque no habiendo costado el Artificio más que unas 62.000 pesetas, no se comprende cómo se ha podido cubrir con esta cantidad el importe de 500 quintales de latón en tubos y cazos, el de la construcción del muro ó murallón, las ruedas, arcaduces, cadena, etc., etc.

rían de 400 los tubos que á la vez estarían en movimiento; y á esto, que debía ofrecer dificultades inmensas, se agregaba que no pudo marchar en línea recta, sino que los tubos, según cuenta Morales, «iban dando vueltas y traveses y ángulos y rincones, y fué menester nuevo artificio para continuar y proporcionar allí el movimiento.»

No es extraño, pues, que causara gran admiración entre sus contemporáneos, más aún que el invento, la instalación de una máquina con la que logró Juanelo subir el agua del río á cerca de 90 metros de altura.

Difícil es averiguar quién sea el inventor de este artificio. Ramelli publicó su obra en 1588, y el de Toledo empezó á funcionar 22 años antes, en 1566. La prioridad en favor de Juanelo es evidente; pero snponer que Ramelli copió el aparato de Toledo reemplazando los caños y tubos de latón y el tirante, en forma de escala, por cajas y canales de madera y tirantes de hierro, para desfigurar el que tomó por modelo, dándole un aspecto más primitivo, sería acusar al primero de una superchería que no podría justificarse y que tendría todo el aspecto de una maliciosa é interesada apreciación. Admitir que Juanelo, teniendo conocimiento de la lámina de Ramelli, antes de su publicación (1), enmascaró el aparato con el tirante de madera y tubos de latón, además de violento é infundado, sería atentatorio á la opinión de las autoridades contemporáneas, que proclamaron el ingenio, la habilidad y la ciencia del arquitecto y matemático de Felipe II.

---

(1) Ramelli, recomendándose á sus lectores, dice que algunos de sus ayudantes le sustrajeron muchos diseños, dándolos á la estampa desfigurados para encubrir el hurto, y explica los hechos en términos tan expresivos como los siguientes:

«Alcuni domestici (che per modestia non mi pare da nominare) liquali coldarmi titolo di virtuoso, in apparenza lodandome, ma pero in esistenza se stessi honorando, mi anno levato clandestinamente, molti disegni particolari et a quegli hor aggiungendo, etc., diminuendo alcuni inutile minuzie da lor vani caprici inventate, et hor stravolgendole over in altra parte distornandoli per coprire i furti loro, gli hanno per cosi mutilati, atributi colle stampa a se stessi propii, con desi derio de comparire a la presenza del mondo ornati di belle piume.»

Descartando de la máquina la rueda hidráulica ó azuda y los engranajes, usados por todas partes en el siglo diez y seis, no queda para los artificios de Juanelo y de Ramelli más que los tubos y cazos del uno y las cajas y canales del otro, que en su hechura, en el trabajo que desempeñaban y en sus movimientos, cualquiera verá, sin gran esfuerzo, los cigüeñales conocidos y empleados por todas las naciones, en épocas cubiertas ya por el espeso velo de la más remota antigüedad.

Y renunciando á presentar ejemplos de riegos con cigüeñales, anteriores en 1500 años á nuestra era, y usados de muy antiguo en la India, en Egipto, en Asia Menor, y aun en España, y sin pretender rebajar en nada el ingenio de Juanelo en la instalación de su máquina, me atrevo á sospechar que algo parecido al Artificio debió existir en alguna lámina ó diseño, ó establecido en la orilla de algún río, antes que se montara el de Toledo y se publicara posteriormente la obra de Ramelli.

Ramelli y Juanelo fueron contemporáneos y compatriotas, nacido en el Milanesado el uno y en la Lombardía el otro; brillaron como matemáticos, y los dos estuvieron al servicio del Emperador: Juanelo desde la coronación en Bolonia, y Ramelli, que abrazó la carrera de las armas, á las órdenes de Marignan, uno de los generales más hábiles de Carlos Quinto. Juanelo nació treinta años antes que Ramelli, y murió en 1585; Ramelli vivió hasta 1590. El último, después de haber servido bajo la bandera española, pasó á Francia, en donde fué muy bien recibido por el Duque de Anjou, que más tarde reinó en su país y en Polonia con el nombre de Enrique III, y, nombrándole su Ingeniero, le señaló una pensión considerable. Los antecedentes de estos dos Ingenieros, que vivieron al amparo y bajo la protección de sus respectivos soberanos, les ponen á cubierto de sospechas qne no serían admisibles sino tratándose de aventureros de profesión. Por eso he supuesto que verían diseños ó algún aparato instalado en Italia, de donde tomaron los dos idea de los artificios para elevar el agua, que cada uno de ellos perfeccionó á su manera.

El resultado que dió el Artificio, económicamente considerado,



no corresponde á los elogios que se tributaron al autor, porque al día no elevaba más que cuatrocientas cargas de agua, equivalentes á mil seiscientos cántaros, ó sean 162 hectólitros en 24 horas, que representan cinco reales fontaneros: exígua dotación á la que alcanza, en el Estío, la fuente de cualquier aldea.

Juanelo se había obligado por escritura pública, otorgada en 1565, á dar á la Ciudad de Toledo cierta porción de agua (1) permanente que manase junto al Alcázar, y de allí se pudiese llevar á toda la Ciudad; y ésta á dar á Juanelo ocho mil ducados de oro (veinte y dos mil cincuenta y nueve pesetas) por una vez, pagados quince días después que el agua corriese en el Alcázar, y además mil novecientos ducados anuales (cinco mil doscientas treinta y nueve pesetas) perpétuamente por las costas, cuidados y reparos que había de hacer para la conservación de la máquina. Y, creyéndose la Ciudad agraviada enormemente con el contrato, se resistió á cumplirle por su parte, y el Rey, en cédula de 12 de Diciembre de 1573, cinco años después de haber empezado á funcionar el Artificio, mandó que Toledo nombrase un sujeto con poder bastante para tratar y finalizar este negocio con Juanelo. Nombró la Ciudad en 29 de Octubre de 1574 á su regidor Luis Gaytán de Ayala; y Turriano, por hallarse enfermo en cama, á su amigo Juan Antonio Fassole, en 14 de Diciembre del mismo año. Quiso también Su Majestad presentarse interesado, pues había adelantado á Juanelo ocho millones cuatrocientos mil setecientos sesenta y nueve maravedis (sesenta y un mil setecientas setenta pesetas), y porque el Alcázar disfrutaba de la mayor parte del agua; para ello, nombró al licenciado Juan Díaz de Fuentemayor, de su Consejo y Cámara. En este estado mandó pasar el expediente á la Junta de Obras y Bosques, en la que se convinieron los tres apoderados, con fecha 20 de Mayo de 1575, en lo que sigue:

1.° Que Juanelo desista del contrato que hizo con la Ciudad, y S. M., atento á que el agua que subía por el Ingenio había servido y

(1) *Noticia de los Arquitectos*, t. II, pág. 103.

servía para el Alcázar, la tomaba para sí, dando á Juanelo por libre de ocho millones cuatrocientos mil setecientos sesenta y nueve maravedises (sesenta y un mil setecientas setenta pesetas) que para hacerle se le habían ido dando de la Real Hacienda.

2.° Que quedase para S. M. el agua que subía por el Ingenio, que entre día y noche serían *mil seiscientos cántaros de á cuatro azumbres*, obligándose Juanelo á hacer buena esta cantidad sin mengua ni falta.

3.° Que considerando había seis años que Juanelo acabó su primer Ingenio, de que se había aprovechado el Alcázar, dando Juanelo en adelante la que fuese menester, se aprovechase de la demás para hacer el *segundo Ingenio*, que tenía comenzado y que se proponía que se acabaría en cinco años.

4.° Que á costa de S. M. hiciese Juanelo de modo que subiese el agua, y se *pudiese repartir en el Alcázar* seis ú ocho pies más alto que el piso del patio.

5.° Que se obligue á hacer en cinco años el segundo Ingenio, suministrando S. M. los caudales que, según se presumía, ascenderían para concluirle á ocho ó diez mil ducados (unas veinticinco mil pesetas), quedando á beneficio de Juanelo el agua que subiese.

6.° Que se le diesen gratis los suelos en que se plantó el primer Ingenio y se plantase el segundo.

7.° Que la Ciudad diese á Juanelo seis mil ducados (diez y seis mil quinientas cuarenta y cuatro pesetas) por una vez, ó el censo que en ellos se montase, á razón de catorce mil al millar, como quiera de no seguírsele otra utilidad que la de servir á S. M., respecto que el agua quedaba á beneficio de Juanelo. El Rey aprobó este contrato por cédula del día siguiente (21 Marzo de 1575.) *Reg. 4.° de Obras y Bosques*, fól. 168 (1)

De lo expuesto en las cláusulas precedentes, se infiere que el agua no subió más que hasta el suelo del patio del Alcázar, y que no

---

(1) Citado por Llaguno y Cean Bermúdez en su *Noticia de los Arquitectos*, tomo II, pág. 248.

podía repartirse á las dependencias del edificio; que la Ciudad, alegando que había sido lesa y damnificada, quedaba relevada de cumplir lo pactado con Juanelo; y que para remediar la falta de agua se ordenaba el planteamiento de un segundo Ingenio. Prueban, además, que toda el agua, ó la mayor parte, se consumía en el Alcázar, por lo cual el Rey perdonó á Juanelo el adelanto que le había hecho para la construcción del Artificio, haciéndole donación de los terrenos en que se instalaran el primero y segundo Ingenio.

Tal vez algún vecino afortunado sacaría agua del Alcázar para su consumo; pero en la Ciudad no han quedado restos de cañerías ni fuentes que denuncien la distribución del agua que se subía del Tajo.

A pesar de esto, la máquina entusiasmó de tal manera á todos los que tuvieron ocasión de verla, que se pensó en poner la estatua del autor en el Artificio, y para ello, Juanelo hizo escribir esta inscripción:

Virtus numquam quiescit,

que traduce Morales de este modo: «La fuerza de un grande ingenio nunca puede sosegar»; y admirado del modelo y de la obra del Acueducto, de la estatua y de *su gentil* mote, envió á Juanelo un epigrama y dedicatoria en latín, en que le pone por las nubes, diciéndole que dominó con el arte á la naturaleza, y que, subyugando al Tajo, le hizo subir á la proximidad de las estrellas (1).

No se ha encontrado la estatua; pero en el Museo Provincial de Toledo se guarda el busto de Juanelo, en mármol blanco, debido al cincel de Berruguete, con la inscripción

Janellus: Turrian: Cremon: Horolog: Architect.

del que se ha sacado la fotografía que va al frente de la portada, y

(1) Puede verse el epigrama y dedicatoria en el tomo IX de la *Crónica general de España.*

en el Museo Arqueológico de Madrid una medalla en bronce que lleva en el anverso el retrato de Juanelo con la misma inscripción del busto de Berruguete, y en el reverso la conocida alegoría de la Fuente de la Sabiduría, y la leyenda

Virtus numq. deficit. (Véase la portada).

En el Monasterio del Escorial, encima de la puerta de una de las celdas, está colgado el retrato de Juanelo, de medio cuerpo, pintado al óleo, y al pie se lee la inscripción anterior, colocadas en orden diferente las palabras

Numquam deficit Virtus,

distinta, aunque muy parecida á la que Juanelo quiso poner en la estatua.

Madrid también ha consagrado un recuerdo á la memoria del ingenioso autor del Artificio, dando su nombre á una de las calles de la capital; y en Toledo se llama todavía á la calle en que murió «De la Estatua ú Hombre de Palo», porque en ella hacía andar un autómata de madera.

Los vecinos de Toledo, durante el tiempo en que funcionó el Artificio, se surtieron, como de costumbre, con el agua del río subida en caballerías, y así lo confirman los escritores de aquel tiempo.

Cervantes, en su novela titulada *La ilustre Fregona*, pone en boca de Avendaño las siguientes palabras: «No estoy en eso (en marcharse de Toledo al día siguiente), porque pienso antes que de esta ciudad me parta, ver lo que hay de famoso en ella, como es el Sagrario, el Artificio de Juanelo, las Vistillas de San Agustín, la Huerta del Rey y la Vega»; y, más adelante, el dueño de la posada del Sevillano, en la que paraba Avendaño, se queja de que se le ha ido un mozo «que con un asno famoso subía tanta agua, que tenía rebosando las tinajas y hecha un lago la casa; siendo una de las causas por que los mozos de mulas se holgaban de llevar sus amos á aquella

posada, la abundancia que hallaban siempre en ella, porque no llevaban su ganado al río, sino dentro de la casa bebían las cabalgaduras en grandes barreños».

De modo que, á pesar del Artificio, las caballerías tenían que ir á beber al río, excepto las que se hospedaban en casa del Sevillano, y el agua seguía siendo tan escasa y rara, que la que subía un asno famoso bastaba para dar reputación y nombradía á una posada. No puedo calcular el número de aguadores que habría en Toledo en la época en que funcionaba el Artificio, pero debería ser crecido, porque en la misma novela refiere Cervantes que Carriazo, compañero de Avendaño, disfrazado de aguador, tuvo una reyerta con un aguador de oficio, en la que el útimo salió muy mal parado, y en poco rato Carriazo se vió rodeado, en la Cuesta del Carmen, de más de veinte aguadores.

Cuando yo estuve en Toledo, en 1861, el número de habitantes era muy inferior al que alcanzó en tiempo de Cervantes, y se empleaban, sin embargo, en surtir al vecindario, doscientas treinta caballerías, sin contar las destinadas al servicio de la Beneficencia y al Colegio Militar, y entre todas, según mi cuenta, subirían siete ú ocho veces tanta agua como la que elevaba el Artificio.

En otro libro, escrito en aquella época y que acaba de publicar la Sociedad de Bibliófilos, con el título de *El Pelegrino curioso y Grandezas de España*, por Bartholomé de Villalba y Estañá, Madrid, 1886, se describe el Artificio casi en los mismos términos que empleó Morales en las *Antigüedades de las Ciudades de España;* y, aunque parece innecesario repetirlo, con el fin, sin embargo, de no omitir nada referente al asunto de esta noticia y de que no se me acuse de ocultar las alabanzas que prodigaron á Juanelo sus contemporáneos, que se pagaban mucho de lo exterior, rindiendo mayor tributo al triunfo de la dificultad que al efecto de la máquina, dejaré hablar al *Pelegrino,* que, visitando los templos y monumentos antiguos de Toledo, cuenta que «dió en el Artificio del agua que sube al Alcázar, que es la mayor maravilla de las que hoy se ven en lo poblado, tanta, que digo que es una de las que merecen ponerse entre las

maravillas del mundo, y de muchas leguas merece que se vaya á ver, porque por cosa imposible había un refrán en Castilla, que decía «Es esto como subir agua á Zocodover»; y ansí como veía el *Pelegrino* efectuado, iba notando aquel modo de enexar ó engoznar un cazo con otro, los cuales son de bronce hechos, con una vuelta como unos cucharones, que desde abajo al río, donde el Artificio está, que es el primer móvil de toda esta máquina, *que pocos ó ninguno la han visto*, van subiendo..... y el caño que la recibe está hecho de tal artificio, y asentado sobre tales ruedas (1), que la misma agua le hace mover..... Es artificiosa cosa, porque el concierto y compás de los caños no discrepa jamás, y son todos machos y hembras, que el mismo que da recibe, y con tanto tiento, que sube el agua sin perderse, al Real Alcázar, donde tantos ingenios se han agotado y tantas personas perdido. Ansí, merece, por cierto, Juanelo eterna fama por haber hecho esta obra». Y mientras el *Pelegrino* alababa y eternizaba en su memoria á este célebre varón, se le acercó un anciano de aspecto venerable, que ensalzó primero el Artificio y después los templos, edificios, opulencia, nobleza, y cuanto había que admirar en Toledo, incluso un Arcediano, que por estar sosegado se comía treinta mil ducados de renta y una inquisición suntuosa. El *Pelegrino* convino en todo, pero observó que al lado de estas excelencias había cuestas en Toledo, *faltaba el agua y sobraban aguadores;* lo cual confirma también que todo el tiempo que duró el Artificio, los aguadores continuaron surtiendo á la Ciudad con sus caballerías.

Otros autores hablan del Artificio, elogiándole y calificándole de obra maravillosa: sólo Quevedo, en el *Itinerario de Madrid á su Torre de Juan Abad* (2), trata inconsideradamente á Juanelo. Contando que pasó por Toledo se le ocurre escribir:

---

(1) Véase la lámina de Ramelli (*Figura* 7.ª) y se advertirá que el primer caño *D* está asentado sobre el eje de la rueda *E*.

(2) *Poesías*, Romance 75.

Vi el Artificio espetera,
Pues en tantos cazos pudo
Mecer el agua Juanelo
Como si fuera en columpios.
Flamenco dicen que fué
Y sorbedor de lo puro;
Muy mal con el agua estaba
Que en tal trabajo la puso.

Hizo flamenco á Juanelo para llamarle luego bebedor, sin que ningún antecedente justifique semejante injuria, dirigida á un insigne matemático que el Emperador, su hijo el Rey D. Felipe II, y todos sus contemporáneos respetaron y honraron como merecían sus vastos conocimientos y su clarísimo ingenio.

El maestro Valdivieso (1) dedica estos versos al Artificio:

Del Lombardo Jannelo atento mira
El artificio que por sí se mueve
Como relox que con sus ruedas tira
De cadena que el agua clara tira (2)
Que en brazos sube y al subir se admira
Porque al Alcázar á llegar se atreve,
Y apenas los umbrales regios toca
Cuando ser se promete de la boca.

Ni los versos, ni lo que dice del Artificio, merecían especial mención; pero demuestran el aprecio y respeto con que Juanelo, aun después de muerto, fué tratado por todos los que escribieron de Toledo.

---

(1) *Sagrario de Toledo*. Poema heróico, por el maestro Joseph de Valdivieso, Capellán del Illmo. de Toledo. Madrid, 1616. Por Luis Schez, imp. del Rey N. S.

(2) Lo mismo en la edición de Madrid de 1616, que en la de Barcelona de 1618 se encuentra esta errata: *¿Diría bebe*, en vez de *tira*?

Luis Quiñones de Benavente, natural de Toledo, en el entremés titulado *El Mago* (1), puso en escena el Artificio: «Todos cantando en ala, cada uno con una cuchara de hoja de lata, van subiendo y bajando los brazos, como que echan agua.

Todos. El agua viene recia
Donde el rodezno anda,
La máquina se mueve
De bombas y cucharas;
Las unas van subiendo
Cuando las otras bajan:
Desde el profundo abismo
A las esferas altas,
Van recibiendo unas
Lo que las otras vacian,
Hasta que el agua viene
A dar en el Alcázar.»

Esta descripción es más clara y exacta que la anterior y la del *Pelegrino*; pero el autor, á la rueda, que era vertical, le llama *Rodezno*, que es el nombre que se aplica á las horizontales ó turbinas. Las bombas son pura invención de Quiñones.

Otro autor, forzado por el consonante, convierte á los cazos en gamellas. (2)

Guisa como quieras la maraña
Y trasforma en Guerreros las doncellas,
Que tú serás el Cómico de España;
Verás que el histrión mímico en ellas
Gasta más artificios que Juanelo,
En el subir del agua con gamellas.

---

(1) *Coleccion de entremeses.* Madrid, 1645.
(2) *Las Eróticas,* de D. Esteban Manuel Villegas. Madrid, Sancha, 1774. Tom. I, pág. 328.

Y terminaré estas citas de composiciones, en que se menciona la máquina de Toledo, con unos versos de Lope de Vega, en que, sin nombrarla, habla de la subida del agua al Alcázar, como él solo podía hacerlo.

Si por claros varones
Soberbio presumiste,
Laurear la cabeza
Oh Rey de rios, venerable Tajo;
Ahora es más razón que las corones
Por una insigne y celestial belleza.
Y si del alto Alcázar pretendiste
Tus olas igualar al fundamento,
Desde las urnas de tu centro bajo
Con más razón por las escalas sube,
Bebiendo de ti mismo como nube,
A dar cristal deshecho al edificio,
En cuyo frontispicio
Pueden bañar las aves alemanas
Las negras alas en las ondas canas,
Glorioso de mirar la bizarría
De Doña Ana de Ayala,
Cuya hermosura y gala
Ser alma de las musas merecía. (1)

En Julio de 1573 mandó el Rey entregar á Juanelo 400 ducados (1103 pesetas) de ayuda de costa, atendiendo á sus buenos servicios y á su necesidad.

Consta que en 1581 estaba acabado el segundo ingenio, y que en el año siguiente el primero (á los catorce años de su instalación) se hallaba muy mal tratado y comenzaba á hundirse, por lo que el Rey mandó que se reparara.

---

(1) *El Laurel de Apolo*, impreso por primera vez en Madrid en 1630.—Silva 1.ª

Y desde esa época hasta 1585, en que murió Juanelo, no aparecen más noticias en los documentos referentes al Artificio.

Esteban Garibay (1) refiere el enterramiento de Juanelo, con estas palabras: «Sólo fué de mi voto, en lo referente á la navegación del Tajo, Joanelo Turriano, natural de Lombardía, el que había hecho la admirable fábrica de la subida del agua del Tajo al Alcázar de Toledo. Este insigne varón, antes de ver acabada esta navegación, murió en la misma Ciudad, en 13 de Junio de 1585, á los ochenta y cinco años de edad, poco más ó menos, y fué enterrado en la Iglesia del Carmen de ella, en la Capilla de Nuestra Señora del Soterraño, siendo yo presente, no con el debido acompañamiento que merecía quien fué príncipe muy conocido en todas las cosas en que puso su clarísimo ingenio y manos. Fué alto y abultado de cuerpo, de poca conversación y mucho estudio, y de gran libertad en sus cosas; de gesto algo feroz y el habla algo abultada, y jamás habló bien en la española..... Túvole en mucho el católico Rey D. Felipe II, y le regaló y honró siempre como quien sabía bien lo que él merecía, imitando lo que había hecho con él el preclarísimo Emperador Don Carlos, su padre.»

Dejó una hija y única heredera, llamada Bárbara Medea Turriano, á quien el Rey, á los seis meses de muerto su padre, en 20 de Diciembre de 1585, mandó pagar doscientos ducados, á buena cuenta de lo que montaban los instrumentos y otras cosas de Juanelo; y después, en 23 de Diciembre de 1586, recibió también, por orden del Rey, dos mil ducados, á buena cuenta de seis mil que se le habían mandado pagar por el derecho que tenía á uno de los ingenios.

Dejó también un nieto llamado Juanelo Turriano, al que se encargó el cuidado del Artificio con cuatro reales de jornal, que el Rey en 6 de Noviembre de 1593 aumentó en cien ducados anuales, Dis-

---

(1) *Obras Genealógicas manuscritas* de Esteban Garibay, t. V, parte 2.ª, libro 38, título 8, cit., por Llaguno y Cean Bermudez: *Noticias de los Arquitectos*, t. II, pág. 250.

frutó muy poco de este beneficio, porque falleció en 1597, dejando en gran miseria á su mujer é hijos.

Doña Bárbara Medea le sobrevivió algunos años, pero en tal estado de pobreza, que en 1601 acudió al Rey D. Felipe III, exponiendo que al morir su padre la dejó muchas deudas y dos nietas, hijas suyas, por casar, para cuyos dotes vendió los pocos bienes que tenía, padeciendo mucha necesidad, por lo que suplicaba, que, en atención á los muchos servicios de su padre y á las memorias que dejó, señaladamente el Artificio y los dos relojes, la hiciese alguna merced con que poder pasar los pocos días que la quedaban de su vida, por ser ya de sesenta años; y el Rey, en 29 de Julio de 1601, «acatando lo susodicho», tuvo á bien señalarla cuatro reales diarios mientras viviera. Murió á los nueve meses, y S. M. concedió por seis años dos reales diarios á Doña María Turriano, su hija, y nieta de Juanelo.

Además del hijo llamado Juanelo, encargado del Artificio, y que, como hemos dicho, murió en 1597, tuvo Doña Bárbara otro, llamado Gabriel, que, después de haber desempeñado el mismo cargo que su hermano, pasó á Flandes á servir en el ejército, y de allí se trasladó á Sicilia, en donde murió de un mosquetazo, en la guerra, el año 1616. «Así acabó,» dice Llaguno, «la familia de Juanelo Turriano, gran Matemático y el artista más ingenioso de su tiempo.»

Añade que sus dos famosas máquinas ó Ingenios no tuvieron mejor suerte, porque el Tajo las destrozó, y en 1598 fué nombrado Juan Fernández del Castillo, criado de S. M., para entender en el gobierno y conservación del Ingenio, señalándole cuatro reales de salario al día. La orden está fechada en San Hieronimo de Madrid á 12 de Octubre del año citado.

Castillo, algunos años después, representó que el Ingenio viejo no estaba de servicio si no se reparaba, y que el gasto de esta reparación podría excusarse, si se le permitía que, con los despojos de la máquina, hiciera un ingenio nuevo por la traza y orden que él daría, y con el cual se subiría más agua, con mayor facilidad y menor costa que con los de Juanelo. El Rey, después de consultar á Francisco

Mora, su aposentador de palacio, que aprobó la proposición de Castillo, mandó por orden fechada en Tordesillas en 14 de Noviembre de 1605, que se hiciera el Ingenio nuevo.

Después, Francisco de Cuevas representó que resultarían inconvenientes de deshacer el Ingenio viejo, y el Rey, oyendo además los pareceres de Nicolás de Vergara y de otros, resolvió que, ateniéndose á lo mandado en la orden ó cédula precedente, se deshiciera el Ingenio viejo de Juanelo, que todo lo que fuera aprovechable se destinara á conservar el segundo ó nuevo, y que lo restante se entregara por inventario, cuenta y razón á Castillo, para continuar y proseguir el Ingenio «que ha inventado y ha comenzado». La cédula está firmada en Madrid, á 13 de Julio de 1606. De este nuevo Ingenio no se vuelve á hablar, pero parece probable que no se terminara, porque no he visto de él más noticias que las que se hallan en los documentos oficiales que van extractados.

En 1626 murió Castillo y le sucedió en el gobierno y conservación del Ingenio su hijo Juan del Castillo Rivadeneira; y á éste, en 1639, Luis Maestre, en cuya época se supone que hubo de abandonarse el Artificio.

Yo he visto en nuestros días elogiar algunas invenciones para subir agua á grandes alturas, y he leído descripciones de máquinas, ya olvidadas, que se daban como nuevas, y á renglón seguido la narración del indispensable convite en que se congregaban personajes ilustres, hombres políticos y representantes de la prensa, preparados para improvisar, en honor de los ingenios españoles, los brindis que recogía con oportunidad y discreción el Presidente.

En todas ellas, lo que más me ha admirado ha sido la desfachatez de los inventores y la ligereza de los encargados de dar á conocer al público los nuevos descubrimientos. Nunca, en tales descripciones, he leído una idea nueva, ni una modificación á lo conocido, y ni siquiera he encontrado ocasión de reconocer habilidad ó destreza en los defensores de los supuestos inventos para resucitar lo que la Mecánica tiene relegado, por absurdo, al más absoluto olvido. Y, naturalmente, me ha ocurrido la duda de si los elogios prodigados á

Juanelo por célebres humanistas y poetas insignes, tendrían el mismo valor que los de los concurrentes á los convites de inauguración, tan frecuentes en estos tiempos. Y esta duda me ha llevado á tratar de averiguar si un Ingeniero ó Arquitecto, á mediados del siglo diez y seis, pudo elegir otra máquina más perfecta que el Artificio para elevar el agua á noventa metros de altura, y si, una vez elegido el aparato, acertó Juanelo á plantearle con perfección.

Teóricamente, la solución no ofrece la menor dificultad. Las bombas impelentes eran entonces, como lo son en el día, los aparatos más adecuados para elevar el agua á gran altura; pero en nuestro tiempo los ingenieros encuentran, con la mayor facilidad y con economía, bombas y tubos de hierro fundido capaces de resistir la presión de los noventa metros, y pueden hacerlo con una sola bomba, ó combinando ó acoplando dos, tres y hasta cuatro, si quieren que su máquina marche con mayor uniformidad, pero sin verse obligados á dividir en tramos una distancia como la que hay entre el río y el Alcázar.

En las minas profundas se sigue este procedimiento, colocando una bomba que desde la mayor profundidad eleva el agua á 70 ó 90 metros (1) y la vierte en un depósito pequeño; de éste la toma la segunda, que la sube otra altura igual; y así sucesivamente hasta que llega á la boca del pozo. Los émbolos de todas ellas van unidos á un tirante general, equilibrado con contrapesos.

En la época de Juanelo, según queda apuntado, no se usaban más bombas que las de madera, de las que pueden verse varios ejemplos con aplicación al desagüe de las minas, en la obra de Agrícola, titulada *De Re Metallica*. En los pozos se conservan bien, por la constante humedad que reina en ellos, los aparatos de madera; pero al aire libre se resecan, y el agua se escapa lo mismo por las bombas que por los tubos. Además, es prácticamente imposible elevar agua en un solo tramo á 90 metros con bombas y tubos de madera, por la

(1) En España, los tramos suelen ser más cortos, y no pasan, por lo general, de 50 metros.

corta resistencia de este material para tan considerable presión. Así debió creerlo Juanelo, porque conocía perfectamente, no sólo las bombas aspirantes, en las que la elevación del agua es producida únicamente por la presión atmosférica, y en las que, por consiguiente, la altura á que puede subir no pasa de 10 metros (1), sino las impelen-

---

(1) La altura de 10 metros ó 32 pies, que por experiencia se asigna á la columna de agua que puede equilibrar á la presión atmosférica, es un dato que no han tenido presente ó que han rechazado, apoyándose en la famosa teoría del *Horror sin límites de la Naturaleza al vacío*, algunos constructores de aparatos hidráulicos. Uno de ellos, que vivía en Florencia, colocó en 1641 una bomba con su tubo de aspiración de 60 pies de altura, á contar del nivel del agua que pretendía elevar, y después de repetidos ensayos no pudo conseguir que el agua subiera á más de 32 pies dentro del tubo. Consultó el caso con Galileo, natural y residente en aquella Ciudad, y el filósofo, anciano de 80 años, ciego y próximo á su último fin, que tuvo lugar á los pocos meses, sorprendido del experimento y no habiendo probablemente fijado su atención hasta entonces en tal problema, respondió que el horror de la Naturaleza al vacío tenía un límite que podía fijarse en 32 ó 33 pies. Suponen los que refieren esta anécdota que Galileo comunicaría sus ideas acerca del particular á Torricelli, que vivió con él en familia, en calidad de amanuense, los tres últimos meses de su vida. El hecho es que, en 1643, Torricelli anunció el gran descubrimiento de que el agua se elevaba en las bombas por la presión atmosférica, y lo comprobó experimentalmente con varios líquidos, como el agua y el mercurio, deduciendo de sus pruebas que la altura á que se elevan cuando se hallan sometidos á la presión atmosférica está en razón inversa de su gravedad: ó, en otros términos, que el agua se eleva á 32 pies y el mercurio únicamente á dos pies y cuatro pulgadas, porque la densidad del último líquido es catorce veces *mayor* que la del agua, y dos pies cuatro pulgadas, catorce veces menor que 32 pies. Pero los partidarios de la *Teoría del Horror de la Naturaleza al vacío*, no se dieron por vencidos, y aprovechaban las ocasiones que se les ofrecían para defender sus opiniones. Un hecho acaecido en Sevilla, en 1776, bastó para que se renovaran las disputas acerca del vacío y se negaran las conclusiones del sabio florentino. Cierto hojalatero de aquella Ciudad construyó una bomba, cuyo tubo de absorción tenía 50 pies de altura, y, no logrando que el agua llegara al cuerpo de la bomba, que se había situado en la boca del pozo, bajó á examinar el tubo, dejando á uno de sus operarios encargado del movimiento del aparato; y, no hallando remedio al fracaso, decidió abandonar la bomba, no sin disparar antes, dominado por el despecho, un martillazo al tubo á diez pies próximamente sobre el nivel del agua del pozo. El lector adivinará cuál sería el asombro del hojalatero al advertir que, con el golpe afortunado, el agua subía en el tubo, y descargaba en el cuerpo de bomba. Sin sospecharlo, había abierto un agujero pequeño por el que se colaba el aire, incorporándose con el agua ascendente. El hecho se anunció en los perió-



tes, en que el agua tampoco sube por aspiración más que á los 10 metros, pero en las que, después de esta elevación, la misma bomba la obliga á subir por otro tubo de impulsión, cuya altura tiene por límite la resistencia del material de que esté construído y la fuerza disponible para vencer la resistencia ó presión de la columna de agua ya elevada.

La *Figura* 11 es copia de la bomba impelente de dos cuerpos que incluye Juanelo en el tomo tercero, libro 13, pág. 353 de su obra manuscrita *Los Ingenios y Máquinas*. Se compone de dos cuerpos cilíndricos, que van sumergidos á la altura conveniente para que los

---

dicos de Europa, y en él creyeron ver los partidarios de la antigua teoría la prueba de que la presión de la atmósfera no intervenía en la elevación del agua, y un fundamento para poner en duda la exactitud de los experimentos de Torricelli. En Francia, un cirujano de Ruan, en Normandía, llamado Mr. Lecat, repitió el experimento en una bomba de su jardín, abriendo á 10 pies de altura, en el tubo absorvente, un agujero, en el que enchufó un grifo, y observó que cerrándole el agua no ascendía más que á 30 pies, y alcanzaba la altura de 50 cuando estaba abierto.

Un aventurero intentó sorprender á los académicos de París con una bomba de su invención que elevaba el agua á gran altura, pero el silbido que producía el aire al entrar por el agujero, que el inventor creyó poder ocultar, denunció inmediatamente la superchería.

Otro inventor de los Estados Unidos logró hacer subir el agua en una bomba á gran altura por el procedimiento del Sevillano, y la Sociedad que explotaba la invención envió á Londres á uno de sus socios con el fin de que sacara la patente de invención. El comisionado construyó una bomba igual á la que había funcionado en su país; pero no logró con ella elevar el agua á más de 30 pies, y, al comunicar el resultado á sus consocios, supo que todos habían sido engañados por el inventor, que ocultó el agujero con el mayor misterio.

Estudiado con detenimiento el descubrimiento de Sevilla, se vió claramente que el agua y el aire mezclados formaban un fluido de menor densidad que el agua sola, y que, naturalmente, debía ser más alta la columna del nuevo fluido, equilibrada por la presión atmosférica, deduciéndose de esta explicación que, lo ocurrido, lejos de desvirtuar los experimentos de Torricelli, venía á confirmar su exactitud.

Parece excusado advertir que el agua y el aire mezclados no dan á la salida un chorro continuo ni uniforme, y que una bomba impelente, para elevar agua á alturas mayores de 10 metros, es preferible á la mejor aspirante con el agujero que dió tanta celebridad en el siglo pasado al hojalatero andaluz.

arcos que se ven en sus bases queden siempre debajo del agua y no entre por ellos el aire. En el fondo de estos cuerpos, aunque en la figura aparecen á mayor altura, van colocadas las válvulas de aspiración *H* y *M*, y los émbolos *o*, *K*, que, al subir, aspiran el agua, y al

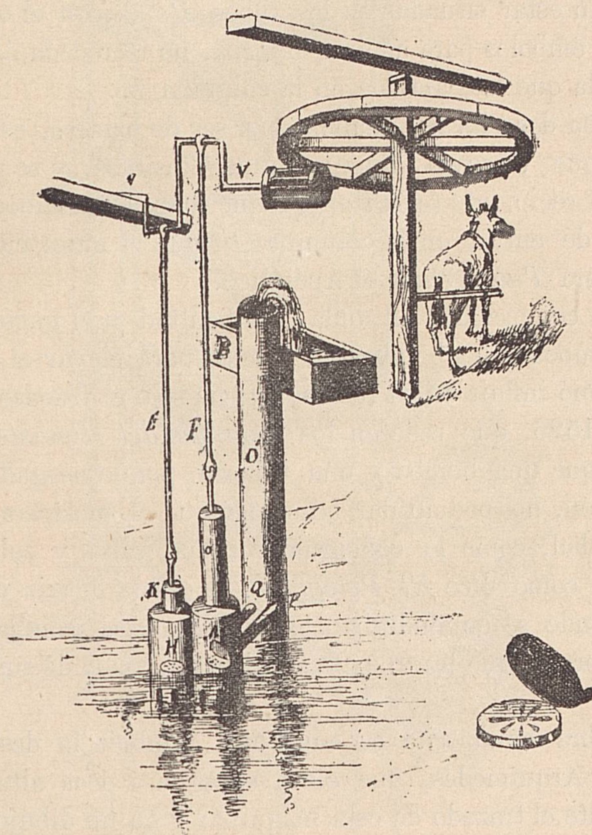


Figura 11.

bajar la obligan á pasar respectivamente por los tubos *P′ Q* para entrar en el conducto *O′*, llamado la columna, que la conduce al recipiente *B*. Las bombas están combinadas de modo que, cuando el émbolo de la una baja, sube el de la otra, para que resulte uniformidad

en el movimiento de rotación del árbol de manivelas *VV*, al que van unidos los vástagos *E F* de los émbolos. A su vez, el árbol lleva una linterna que engrana en los dientes de la rueda maestra, que recibe directamente movimiento de la caballería que da vueltas en un andén. Juanelo no representa en el diseño las válvulas de impulsión, que deberían estar situadas en los tubos *P' Q*, con el objeto de que al subir los émbolos para aspirar el agua, no retroceda á los cuerpos de bomba, la que está alojada en la columna *O'*.

La bomba descrita por Juanelo, por ser de madera, es inferior á la de bronce que Vitruvio llama máquina Ctesíbica, y se echa en ella de menos el recipiente (*catinum*), al que iban á desembocar los tubos *P' Q* antes de entrar en la columna *O'*, que el autor citado designa con la palabra *Tuba* (véase el Apéndice.)

Juanelo comprendió sin duda la dificultad y el gasto crecido de fundir los tubos y las bombas de bronce para elevar el agua al Alcázar, y debió influir en su resolución, no sólo el fracaso de los Alemanes en 1526, que refieren los *Apuntes del Monasterio*, sino el considerar que una bomba y una tubería, por arriesgada que fuera su instalación, no podían dar ocasión á que él mostrara su ingenio y su habilidad, como lo consiguió con sus vasos y tubos, dejando ver á pocos, como dice *El Pelegrino*, la rueda motriz y los engranajes en donde se engendraban los movimientos acompasados y las pausas uniformes que tanto excitaron la admiración de sus contemporáneos.

En su obra manuscrita se encuentra también la descripción de la rosca de Arquímedes, que eleva el agua á poca altura; explica perfectamente el trazado de esta máquina; y en un dibujo, del que es copia la figura 12.ª, representa cuatro roscas movidas por una rueda hidráulica de choque inferior.

Esta rueda da movimiento al árbol vertical *N*, en que van fijas tres ruedas dentadas para las roscas *A*, *E*, *G*, y una linterna para la *C*, que es la que engrana en los dientes de la rueda motriz.

Si el lector recuerda que Juanelo para subir el agua del Tajo al

Alcázar, hubiera tenido necesidad de dar al arbol *N* noventa metros de altura y otra tanta al castillete en que están apoyados los reci-

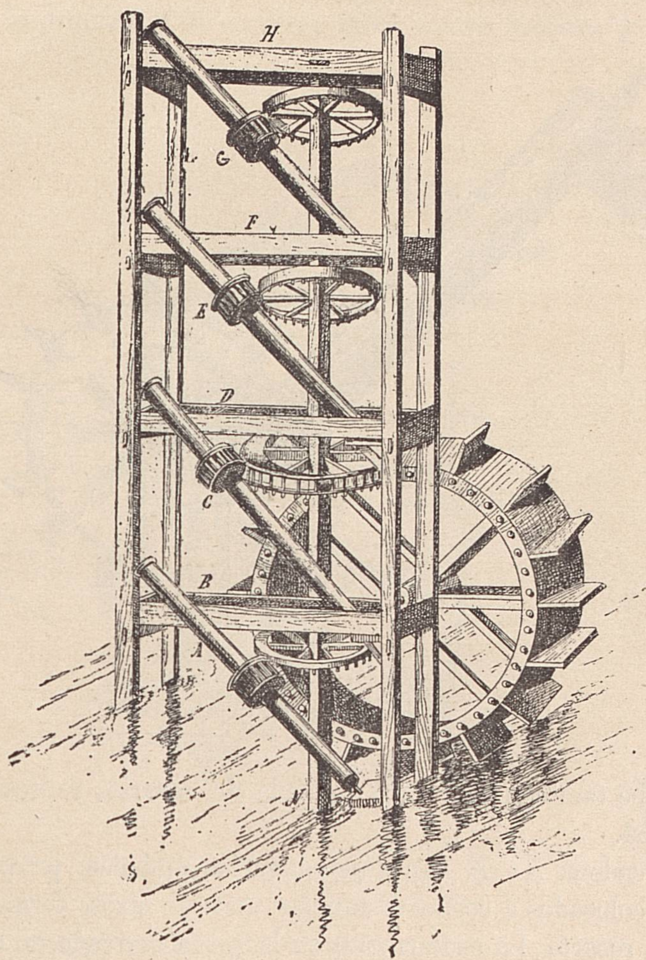


Figura 12.

pientes parciales *B*, *D*, *F*, *H*, comprenderá sin gran esfuerzo, que retrocedería ante esta dificultad, por más que las roscas proyectadas

por él, representadas en detalle en la figura 13.ª, fuesen, como lo son, mucho más perfectas y aceptables que otros modelos de época reciente que yo he visto, construídos de madera y de zinc.

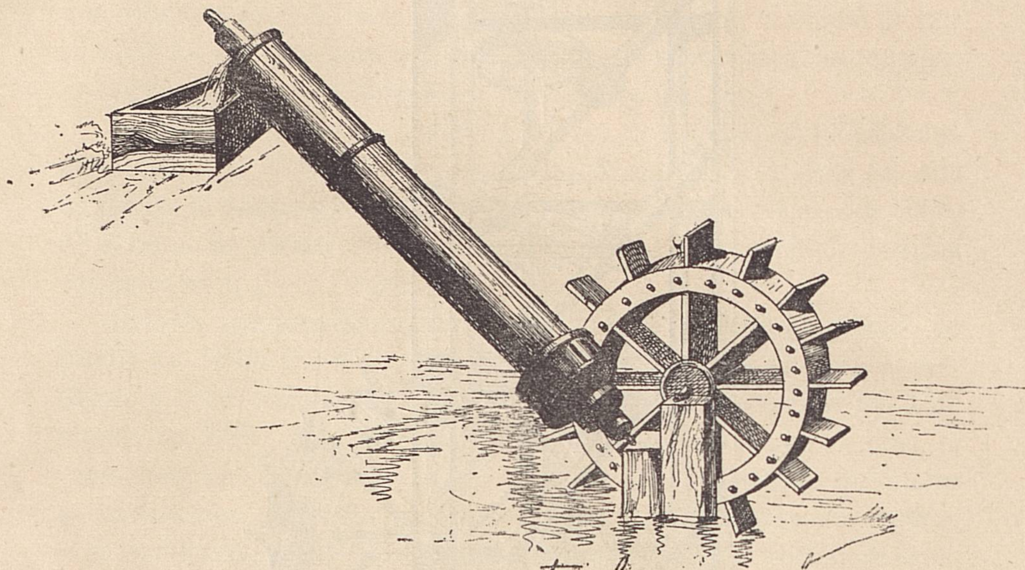


Figura 13.

Describe también la bomba llamada de rosario, representada en la figura 14.

En la cadena *A*, *K* van sujetos varios émbolos, próximamente esféricos, colocados á cortas distancias unos de otros, formando una especie de rosario. La cadena gira en la polea marcada en el dibujo, y va pasando de abajo á arriba por el tubo *D*, taladrado en forma cilíndrica con un diámetro acomodado al de los pistones. El tubo *D* llega por la parte inferior á sumergirse un poco en el agua que se ha de elevar, y los pistones, aspirándola, la elevan al recipiente *F*. Como las demás bombas aspirantes, no eleva el agua más que á la

altura teórica de 10 metros. Para subir la del Tajo al Alcázar se hubieran necesitado, á lo menos, diez de estos aparatos, colocados de modo que la bomba primera tomara el agua en el río y la elevara, por ejemplo, á nueve metros; la segunda la tomaría en el recipiente *F* de la primera y la elevaría otros nueve metros, y así sucesi-

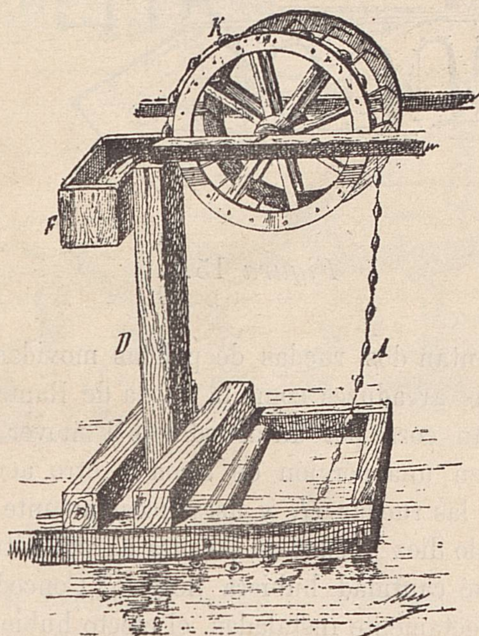


Figura 14.

vamente hasta la décima, que la vertería en el Alcázar. Cada bomba necesitaría un motor independiente; y, si se hubiera colocado una rueda hidráulica en el río como único motor, hubiera sido necesario un árbol de 90 metros con diez engranajes.

Otro sistema de elevar aguas, que Juanelo llama Anorias, repre-

sentado en la figura 15, no merece que se le dedique mucho tiempo, porque es irrealizable para una altura de 90 metros y de escasísimo resultado para otra menor.

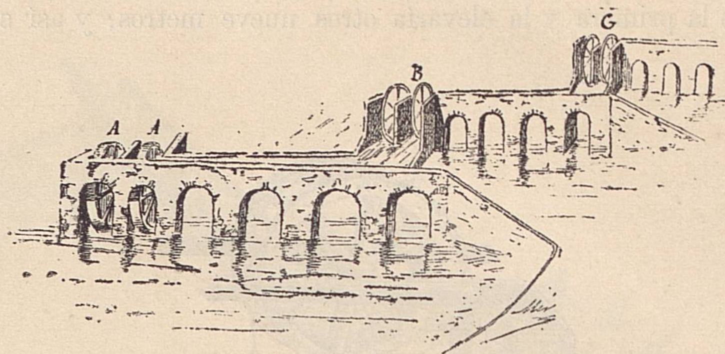


Figura 15.

A, *A*, representan dos ruedas de paletas movidas por una corriente. Llevan sus arcaduzes como la rueda de Ramelli (*fig.* 2.ª) y el agua que elevan corre por un acueducto á mover las ruedas *B*, que á su vez suben una porción de agua á otro acueducto que la conduce á mover las ruedas *G*, y así sucesivamente. En Toledo se hubieran necesitado diez ruedas de 35 pies de diámetro para llegar al Alcázar. Y ¿qué cantidad hubiera llegado? Concediendo que en estas ruedas, perfectamente instaladas, el efecto hubiera alcanzado á la mitad del trabajo mecánico, la segunda rueda hubiera elevado la mitad de lo que subió la primera; la tercera la cuarta parte; y la décima $\frac{1}{512}$ del agua elevada por la primera. Yo no creo que estos dibujos representen obras ejecutadas, sino que hay que tomarlos como proyectos irrealizables para grandes alturas.

En el mismo caso que este sistema y el anterior de los rosarios se encuentran las Norias comunes y sus variedades, designadas con el nombre de cadenas sin fin, con vasos de varias formas.

Pasan los alemanes por ser los primeros que han acometido estas

obras de elevación de aguas; pero las que establecieron ni son anteriores á la de Juanelo, ni en ninguna de ellas ha sido necesario subirla á la considerable altura de noventa metros. Podrá formarse idea del estado en que se hallaba la mecánica en aquel país en la época en que Juanelo proyectó su Artificio, consultando la figura 16, que representa un cigüeñal aplicado al abastecimiento de una población, que se ha copiado de la obra de Ewbank, que á su vez la cita como tomada de la *Cosmografía* de Sebastián Munster, publicada en 1550 (pág. 729). No puede darse nada más primitivo ni de menos ingenio.

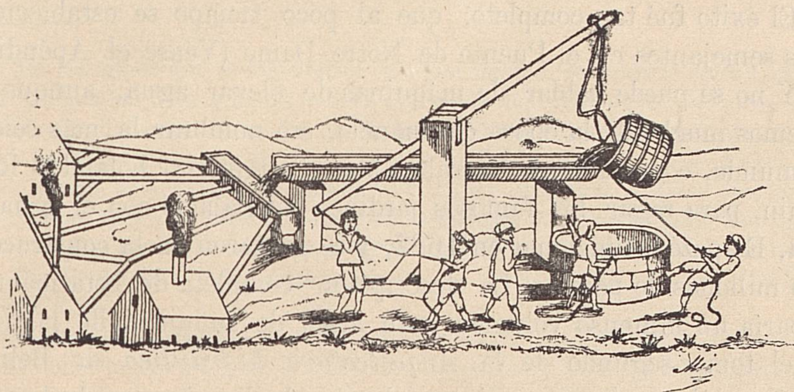


Figura 16.

En París, en Londres, y demás ciudades importantes de Europa, no se habían aplicado las máquinas á la elevación del agua cuando se proyectó é instaló el Artificio; y obras hidráulicas tan celebradas como las de Ausburgo y de Bremen, en las que el agua no se eleva á más de 40 metros, son posteriores al Ingenio de Toledo.

En Inglaterra no se habían visto máquinas para elevar agua á gran altura hasta el año de 1582, en que un ingeniero alemán, llamado Mauricio, instaló en el Puente de Lóndres unas bombas impelentes de seis pulgadas de diámetro y treinta de corrida, que movidas por el agua del Támesis, durante la alta marea y su descenso, subían el agua á 120 pies (36 metros) de altura. En 1767 se esta-

bleció una máquina de vapor de Newcomen para mover las bombas durante la baja marea.

Más tarde todavía que en Lóndres, en el reinado de Enrique IV, (1594-1610) se colocaron bombas en el Puente Nuevo de París, para elevar agua del Sena y distribuirla en el Louvre y en las Tullerías, bajo la dirección del ingeniero flamenco Juan Lintlaer. Las bombas, movidas por una rueda hidráulica situada en el río, se colocaron en un edificio cuya fachada se decoró con figuras de bronce que representaban las de Cristo y de la mujer de Samaria, por lo que se dió á la máquina el nombre de la Samaritana.

El éxito fué tan completo, que al poco tiempo se establecieron otras semejantes en el Puente de Notre-Dame (Véase el Apéndice).

Y no se puede hablar de máquinas de elevar agua, aunque nos alejemos mucho de la época de Juanelo, sin nombrar la más célebre del mundo, construida en Versalles por el ingeniero holandés Rannequin, para regar los famosos jardines del Palacio con el agua del Sena. Empezó á funcionar en 1682, y se gastaron en la construcción ocho millones de pesetas. La descripción completa de esta máquina ocuparía un inmenso volúmen y un atlas de infinidad de láminas. En el tomo segundo de la *Arquitectura hidráulica* de Belidor, (1739) puede verse una sucinta relación de las obras y de las máquinas de esta famosa instalación, que se ha extractado en el Apéndice adjunto, con el fin de que el lector pueda formar idea de los trabajos de Rannequin.

De las noticias que preceden, se infiere que á mediados del siglo XVI la Mecánica aplicada á la elevación del agua no había dado un solo paso desde los tiempos de Ctesibio y de Arquímedes, y que, si se exceptúa el cigüeñal de Besson, representado en la figura 1.ª, en el que el Mecánico más exigente podrá admirar el ingenio y la corrección científica del autor, no se ven en los libros de Hidráulica y de Arquitectura de aquella época más que las bombas de Ctesibio y de Heron, la rosca de Arquímedes, las norias de diversas formas, importadas del Oriente, y los cigüeñales que usaban los egipcios desde la más remota antigüedad. Juanelo describe y dibuja estos

aparatos en su obra manuscrita, y estaba á la misma altura en conocimientos de Hidráulica que Agrícola, Ramelli y otros de sus contemporáneos. Cuando planteó el Artificio en Toledo, no se habían visto todavía ni en Londres, ni en París, ni en otras ciudades importantes máquinas de elevar agua, y fué preciso para establecerlas que vinieran á proyectar y dirigir las obras ingenieros alemanes; de modo, que no tuvo ejemplos que imitar, y lo que hacía más difícil y excepcional su posición era la enorme altura de 90 metros, (1) á que tenía que subir el agua para llegar al Alcázar, pues ya se ha visto que en Londres, Ausburgo y París, los ingenieros se encon-

---

(1) En las minas que se explotaban en aquel tiempo, se subía el agua á mayor altura con bombas ó en grandes cubas, utilizando las paredes de los pozos para la instalación de las primeras. De obras destinadas á subir agua exclusivamente, que por su altura pudieran rivalizar con la de Toledo, sólo se tiene noticia del pozo de Joseph en el Cairo, descrito en el t. II, de una obra titulada *Description de l'Egypte ou Recuil des observations et des recherches qui ont été faites en Egypte pendant l'expédition de l'armèe française.* Seconde édition dediée au Roi. Publiè par C. L. Fr. Panckouke. Paris, imprimerie de C. L. F. Panckouke. MDCCCXXII á MDCCCXXX.

Esta instalación, elogiada por todos los viajeros que la han visitado, es un nuevo ejemplo del atrevimiento y de la habilidad inimitables de los antiguos egipcios. Se compone de dos pozos que no se corresponden verticalmente. El primero, abierto en roca desde la superficie, desciende á una profundidad de 49 metros, y ni por sus paredes brota agua, ni en el fondo aparecen manantiales: es un pozo seco. Tiene forma oblonga ó elíptica, midiendo siete metros su eje mayor, y cerca de cinco el menor. En el fondo hay un recipiente para recojer el agua, que se eleva por otro pozo interior, que empieza al nivel del recipiente, pero á su costado, y fuera, por consiguiente, de la vertical del primero. Encima de la boca del pozo interior y al nivel del fondo del primero, se ha excavado una gran cámara ó anchurón, como dicen los mineros, en la que hay un andén en que da vueltas el buey ó la mula que sube el agua del segundo pozo. Tiene éste cuatro y medio metros de largo, dos y 70 centímetros de ancho, y 39 de profundidad, á cuyo nivel aparece una capa de arena y cascajo, por la que circula el agua. De modo, que la profundidad total es de 88 metros. Todo esto no tiene nada de particular; pero lo que ha llamado la atención de los viajeros y ha excitado su admiración, es una galería excavada en la roca, alrededor del pozo, en forma de espiral de un metro 90 centímetros de ancho y dos metros 15 centímetros de altura, separada del pozo por un tabique de roca de *¡16 centímetros!* de espesor, en el que hay troneras ó ventanas para el paso de la luz del día, que penetra sin di-



traban en condiciones mucho más favorables, no teniendo que ganar alturas mayores de 40 metros.

Juanelo, con lograr solamente que subiera el agua al Alcázar, se hizo digno de los elogios de sus contemporáneos, por más que los hayan expresado, alguna vez, con una exageración que

---

ficultad en el pozo por su considerable sección. La rampa de la galería espiral es tan suave, que se puede bajar y subir á caballo con toda comodidad, y su objeto se adivina que es facilitar la entrada de la caballería, que por medio de una noria, cuyos canjilones se representan en la figura 17, sube el agua que circula en el fondo del segundo pozo.

Esta noria vierte el agua en una canal, que la conduce al recipiente colocado en el fondo del primer pozo; y otra caballería, que trabaja en la superficie, la eleva desde el recipiente, con noria también, hasta el depósito ó estanque exterior. El pozo interior tiene también su rampa de bajada, pero sin tabique. Aseguran los que han visto esta obra, que apenas se comprende que pueda haber precisión y exactitud bastante en la ejecución para conservar, en una profundidad de 49 metros, y siendo espiral la forma de la galería envolvente, un tabique de roca de 16 centímetros de espesor, y que no se acierta tampoco á comprender si se excavó primero el pozo ó la galería en rampa. Y aunque todos los viajeros concuerdan en declarar que es una instalación admirable y sin rival en el mundo, no reina entre ellos la misma armonía para fijar la época de su ejucución. Pretenden algunos que se construyó en tiempo del Visir llamado Joseph, que vivió hace unos 800 años; aun cuando es más general la opinión de otras autoridades, que atribuyen esta gloria á Saladino (Júsuf), intrépido defensor de aquel país en tiempo de las Cruzadas. Pero el pueblo egipcio cree, por tradición, que lo hizo el patriarca Joseph. Van Sleb, que lo visitó varias veces en el siglo XVII, dice que parte del pueblo atribuye esta construcción á los espíritus, y añade: «Y yo me siento muy inclinado á admitir esta opinión, porque no alcanzo á comprender cómo los hombres han podido ejecutar obra tan maravillosa». Por último, hay quien supone que el Cairo ocupa el sitio de la Babilonia egipcia, y que el pozo es una de las reliquias de la antigua ciudad. Y, atendiendo á la extraordinaria habilidad con que está concebida y ejecutada esta prodigiosa y sorprendente labor, hay que convenir con los que aseguran que sólo han podido llevarla á cabo las generaciones que levantaron las Pirámides y construyeron los incomparables monumentos de Tebas.

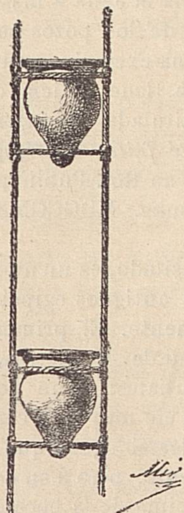


Figura 17.

sólo podía disculpar el entusiasmo que produjo en ellos la forma misteriosa con que acertó Juanelo á combinar movimientos y pausas perfectamente acompasadas para los órganos más sobresalientes de su Artificio, para los vasos y los tubos, que se llenaban y vaciaban con la mayor regularidad. Supo, además, dar á su obra cierto aspecto de maravilloso y algo de sobrenatural, con que logró cautivar á una sociedad predispuesta en favor de este género de manifestaciones, y que no se cuidaba de si era mucha ó poca el agua que subía, con tal que subiera por artificios ocultos que no estuvieran á su alcance, pero que excitaran su entusiasmo y fueran dignos de admiración. Recuerde el lector lo que dice el erudito Morales del Artificio y de su autor, y creo que no encontrará exagerada mi opinión respecto á la sociedad en que vivió Juanelo. Y así, trasladándome con el pensamiento á aquella época, no vacilo en declarar que este célebre Ingeniero adoptó la máquina más conveniente y adecuada para resolver el dificilísimo y complicado problema, en aquel tiempo, de elevar el agua del Tajo al Alcázar de Toledo.

Que, una vez elegido el aparato, Juanelo lo instaló de una manera prodigiosa, lo dicen todos los que le vieron, y los ingenieros actuales comprenden demasiado la dificultad de construir engranajes de madera y de dar movimiento regular á tirantes de 600 metros de longitud en líneas quebradas, para que yo insista en asegurar que se necesitarían hombres del ingenio y de la habilidad del famoso Lombardo para reproducir tan maravillosa instalación. Juanelo mereció los honores todos que el Rey y sus contemporáneos le acordaron, y yo experimento una viva satisfacción al recordar á la generación presente la laboriosidad y el talento del célebre Matemático de los relojes y del ingenioso autor del Artificio.



De otras obras y comisiones que estuvieron á cargo de Juanelo.

Cuenta la tradición que Juanelo ideó construir en Aranjuez, sobre el Tajo, un soberbio palacio para el Rey, y que proyectó fundarle sobre grandes pilares de granito, que el pueblo de Toledo llama hoy *los postes de Juanelo*. Se cortaron cuatro en la cantera de Sonseca, en donde existe uno de ellos, y los tres restantes se quedaron en el camino y se ven aún, en las inmediaciones de Nambroca, á unos once kilómetros de Toledo. Persona que los ha visto, me asegura que tienen unos 40 pies de altura, suficiente para que quedara una parte al descubierto durante las mayores avenidas del Tajo.

En 1571 fué comisionado Juanelo por orden del Rey para reconocer la dirección que llevaba la acequia de Colmenar, que dirigía Juan Francisco Siton, y tanto él como Benito Morales opinaron que iba errada.

No hay que hablar del Artificio de Juanelo, que existió en la Huerta del Rey, en Valladolid, y que cita Ponz en el tomo undécimo de su *Viaje de España,* porque Juanelo Turriano no fué el inventor de esta máquina, como el mismo Ponz observa.

En 26 de Enero de 1580, el Abad Briseño avisa, en carta á S. M., «que Su Santidad hará la reforma del Calendario con la menor alteración posible, luego que lleguen los instrumentos y tablas que el Maestro Juanelo ha hecho sobre ello». En el mes siguiente, con fecha 22, el mismo Briseño dice «que han llegado á Roma las tablas, mas no los instrumentos, y que se hará la reforma del Calendario sin que haya que reimprimir los Misales ni el Breviario». En el Archivo de Simancas, estado Roma, legajos 934 y 938, con motivo de la reforma indicada del Calendario, se vuelve á citar á Jua-

nelo. Debo estas noticias á D. Daniel Cortázar, Ingeniero de Minas y autor de varias obras científicas, entre las que se cuenta la *Descripción Geológica de la provincia de Valladolid.*

El Huevo de Juanelo. En alguna ocasión, que yo desconozco, Juanelo consiguió que un huevo se tuviese en pie sobre una mesa, dándole un golpe para que la punta únicamente se rompiera y se formara base suficiente para mantenerle en equilibrio. Así lo explica Calderón en la jornada segunda de su comedia «La Dama Duende».

BEATRIZ. Otra duda:
Cómo es posible que alabes
De tan entendido un hombre
Que no ha dado en casos tales
En el secreto común
De la alhacena?
ANGELA. Ahora sabes
Lo del huevo de Juanelo,
Que los ingenios más grandes
Trabajaron en hacer
Que en un bufete de jaspe
Se tuviese en pie, y Juanelo
Con sólo llegar y darle
Un golpecillo le tuvo?
Las grandes dificultades
Hasta saberse lo son;
Que sabido todo es fácil.

Y la Academia, generalizando el caso, define el huevo de Juanelo de conformidad con la explicación de Angela, en los términos siguientes: «Cosa, al parecer, que tiene mucha dificultad, y es facilísima después de sabido en qué consiste». (Undécima edición.)

Realmente tiene escasísima importancia y no poco de vulgar el problema de sostener en pie un huevo, rompiéndole y cambiando su forma; pero como del hecho ha resultado un refrán que lleva el nom-

10



bre del autor del Artificio, y como todavía hay quien sostiene que Colón fué el descubridor de tan pueril acertijo, he creído que no estaría fuera de lugar lo apuntado, ni parecería extraño que aquí se diera alguna explicación acerca de esta competencia, de la que, en lo referente á Colón, trata extensamente y con su autorizada ilustración D. Martín Fernández de Navarrete en su *Colección de viajes* (1).

Bossi, que escribió en italiano la vida de Colón, guiado por una estampa del grabador y dubujante Bry, establecido en 1570 en Francfort, refiere que entre las fiestas con que obsequiaron los grandes de la corte al descubridor del Nuevo Mundo, cuando volvió de su primer viaje, fué una el banquete que le dió el Cardenal Mendoza. Durante la comida, uno de los grandes sostuvo que si Colón no hubiera descubierto la América, no hubieran faltado en España hombres de talento y habilidad para ejecutar la misma empresa. Entonces, Colón tomó un huevo y preguntó si alguno de los que estaban presentes sabía hacer que se mantuviese derecho sin ningún apoyo. Nadie pudo conseguirlo, y Colón, aplastando de un golpe uno de los extremos del huevo, logró que se mantuviese sobre la mesa. El Señor Fernández de Navarrete, que califica esta narración de fábula insípida é inverosímil, demuestra que no tiene apoyo alguno, pues no hablan de semejante convite ni suceso los historiadores de Colón, ni los de Indias, ni el del Cardenal Mendoza.

Y aquí terminan las noticias que he podido recoger del Artificio y otras obras y trabajos científicos en que empleó Juanelo su clarísimo ingenio durante su larga y laboriosa vida.

---

(1) *Colección de los Viajes y Descubrimientos que hicieron por mar los españoles desde fines del siglo XV.* Madrid, 1825; t. I, pág. CXLI de la Introducción.

De las obras y proyectos para abastecer de agua á Toledo en épocas posteriores al abandono del Artificio.

A principios del siglo XVIII, una compañía inglesa se propuso subir agua del Tajo con bombas de hierro, y aunque llegó á trasportar tubos de sección cuadrada, que se han utilizado unos en los paseos de la Ciudad y han quedado otros abandonados en las márgenes del río, cerca de donde estuvo el Artificio, la obra no pudo realizarse, ignorándose las causas que privaron por entonces á Toledo del inmenso beneficio que se esperaba de la ejecución del proyecto.

Después se han presentado muchos proyectistas solicitando que sus remuneraciones, siempre exigentes, fueran admitidas en principio antes de proceder al estudio definitivo de los proyectos; pero ni esto podía conducir á un resultado práctico para el vecindario, ni las leyes administrativas permitían á los Ayuntamientos celebrar contratos bajo tales condiciones.

En el año de 1861 se trató de nuevo con empeño de surtir de agua á la Ciudad. Era, á la sazón, Presidente del Ayuntamiento Don Rodrigo Alegre, que, celoso de la prosperidad de la población cuyos intereses administraba, y dotado de talento claro y de un carácter enérgico y perseverante, se propuso con decisión llevar á cabo las obras necesarias para establecer tan importante servicio. Consiguió, primero, inculcar su entusiasmo en el ánimo de los demás Concejales y de los mayores contribuyentes para que todos apoyaran su pensamiento, reducido á traer al punto más elevado del Caserío las aguas de la fuente del Cardenal, situada en la dehesa de Pozuela y distante cuatro kilómetros de la Ciudad, y á subir las del Tajo al Alcázar por medio de una máquina adecuada; las primeras se utilizarían

como potables y las del río para usos industriales, riegos, baños y otras aplicaciones en que la buena calidad no es absolutamente indispensable. Buscó recursos para realizar las obras y me encargó del estudio de los dos proyectos. Mis Memorias, planos y presupuestos, fueron aprobados en sesión de 30 de Junio de 1861 (1).

Las obras de la fuente del Cardenal se terminaron el día 15 de Marzo de 1863, y el 19, asistido del Cabildo, bendijo las aguas el Arzobispo Fr. Cirilo Alameda, con toda la solemnidad y magnificencia con que siempre se celebran en Toledo las ceremonias de la Iglesia. Tuvo lugar el acto en la plaza que forman, entre otros edificios de poca importancia, la fachada de la Catedral, el Palacio Arzobispal y las Casas Consistoriales, corriendo el agua por una fuente y un surtidor, situados ambos en la misma plaza. Presidió la ceremonia D. Patricio Azcárate, Gobernador de la provincia, que con su tacto y prudencia consiguió calmar los ánimos de los toledanos, divididos en aquella época en bandos políticos siempre enconados, dispuestos por cualquier novedad, la traída de aguas entre otras, á dar rienda suelta á sus apasionamientos y rencores. Conciliador y pacífico, por carácter, publicó una alocución (2) dirigida al pueblo, en la que, además de la cordura con que está pensada, se admiran la erudición y la experiencia de aquel ilustrado Gobernador.

El surtidor y tres fuentes con siete caños siguen distribuyendo el agua de la fuente del Cardenal, sin que se hayan notado desperfectos en las obras.

La subida del agua del Tajo no llegó á realizarse. Los sucesos políticos dieron ocasión á que saliera del Ayuntamiento D. Rodrigo Alegre, y el nuevo Alcalde renunció á mi proyecto, reducido á instalar una máquina de vapor á un nivel superior al que alcanza el río en sus mayores avenidas, para mover las bombas que habían de su-

(1) El acta de la sesión y las Memorias se publicaron con el título: *Documentos relativos á la sesión extraordinaria celebrada por el Ayuntamiento Constitucional de Toledo, para el abastecimiento de aguas.* Toledo, Imprenta de José de Cea. 1861.

(2) Fechada en 19 de Marzo de 1863. Toledo, Imprenta de Fando.

bir el agua del Tajo, fundando su decisión en el gasto de combustible para la máquina y el salario del maquinista. Una rueda hidráulica movida por la corriente del Tajo le pareció más económica, más racional y más acomodada á la tradición del Artificio, sin que le arredrara el fracaso de los alemanes.

Los deseos de la nueva Autoridad se realizaron en 1869. Una turbina, que desde aquella época viene elevando el agua del Tajo al punto más alto de la población, resolvió el problema sin máquina de vapor. En los veranos suele necesitar composturas para reparar las averías ocasionadas por las crecidas del río, y en algunos en que la sequía se prolonga, no puede trabajar más que un corto número de horas al día.

El vecindario, volviendo la vista á los romanos, desea hoy la construcción de un acueducto para conducir á Toledo las aguas del Castañar, y sólo el gran coste de las obras podrá retrasar la ejecución de este proyecto.

Del Puente que construyó Julio César sobre el Rhin para pasar el ejército romano al país de los germanos.

Dice Morales (1) hablando del Artificio, que «También en un trecho de calle muy ancha, que la máquina hubo de atravesar, hizo Juanelo de nuevo la maravillosa puente de madera que Julio César había hecho en el cerco de Marsella».

Los Comentarios de César y *Los Historiadores de la Guerra Civil*, en cuya época tuvo lugar el cerco de Marsella, no hablan de puente alguno ni de que César asistiera al cerco, que se llevó á tér-

(1) *Las Antigüedades de las Ciudades de España*, t. IX, pág. 335. Madrid, Oficina de B. Cano, 1792.

mino por orden suya, es cierto, pero mandando C. Trebonio el ejército y Decio Bruto las naves.

Sobre esto no hay duda alguna, ni interpretaciones más ó menos favorables. Los historiadores, y sobre todo las declaraciones del mismo César, no dejan la menor duda de que Morales se equivocó al citar el cerco de Marsella, queriendo hablar probablemente del puente que hizo Cesar sobre el Rhin para pasar el ejército romano al país de los Sugambros.

César refiere de este modo los acontecimientos que dieron lugar al cerco de Marsella y lo que en él ocurrió:

Durante la guerra civil, los de Marsella se decidieron por el partido de Pompeyo, que les envió á Domicio con siete naves ligeras. No solo fué muy bien recibido, sino que le entregaron el mando de la plaza y le revistieron de facultades y autoridad para dirigir la guerra. Enterado César de estos preparativos, y ofendido por la ingratitud de los marselleses, mandó acercar tres legiones á la Ciudad, dispuso que se preparasen torres y manteletes para el sitio y que se armaran en Arlés hasta doce galeras. Hechas y armadas estas en sólo treinta días desde que se cortaron las maderas, y trasladadas á Marsella, dió el mando de ellas á Decio Bruto, dejando á cargo de C. Trebonio, su lugarteniente, el sitio de la plaza. Él partió á España á seguir la guerra contra Afranio, Petreyo y Varron, lugartenientes de Pompeyo, y después de haberlos vencido fué cuando desde Tarragona vino á Marsella, pasando por Narbona, llegando cuando, perdida toda esperanza de resistencia, se rindió la plaza, no sin haber intentado antes sus defensores sorprender con engaños y traiciones á los romanos. César conservó la población, más por su nombre y antigüedad que por los merecimientos de sus moradores, dejando dos legiones de guarnición y enviando á Italia las restantes. Noticioso de la ley promulgada sobre la dictadura y de que Lépido le había elegido para desempeñarla, se dirigió inmediatamente á Roma. C. Trebonio, durante el sitio, hizo construir una torre y un camino cubierto, con el que logró horadar la muralla, pero no construyó, ni tenía para qué construir puente alguno, porque pudo co-

locar sus legiones muy cerca de las defensas de la plaza sin que ningún río le estorbase el paso. Decio Bruto, por su parte, apresó la mayor parte de las naves de Domicio, y, por más que se busca, no se encuentra nada en el cerco de Marsella que justifique la aseveración de Morales.

El puente que Juanelo colocó en la calle Ancha de Toledo, que sería la Ronda del Cármen, fué, sin duda, reproducción del que César hizo construir sobre el Rhin: y me fundo para creerlo así, no sólo en la celebridad é importancia de esta obra, la más atrevida que citan los *Comentarios*, sino en que Juanelo, entre sus Ingenios y máquinas, describe precisamente «La puente que hizo Julio César sobre el Rhin», y no habla de Marsella ni menciona su cerco.

Los Arquitectos é Ingenieros que han escrito acerca de este puente, y los historiadores que han traducido los *Comentarios*, han interpretado con variedad algunos pasajes del texto que se refieren únicamente á detalles de construcción, porque César describe con tal claridad y precisión el puente, que todos los dibujos hasta el día publicados están en lo esencial conformes. Pero como se trata de una construcción en que César fundaba una de sus mayores glorias y que llevó á cabo expresamente para humillar el orgullo de los germanos, haciéndoles ver que ningún pueblo, por aguerrido y numeroso que fuera, podía resistir al valor y á la pericia del ejército romano, tiene mucha importancia aclarar estas divergencias para dibujar el puente con la posible exactitud, sujetándose al texto de los *Comentarios*, ya que, por desgracia, no han llegado hasta nosotros diseños de la época en que se escribieron.

Acerca de la ocasión y circunstancias en que se hizo la obra, nada hay que añadir á lo que dice César en el Libro IV de sus *Comentarios*, y que se reduce á lo siguiente:

Concluída la guerra germánica con una batalla, en la que exterminó á cuatrocientos treinta mil germanos, entre soldados, mujeres y niños, que recientemente habían cruzado el Rhin, sin que los romanos perdieran un solo hombre, determinó César pasar el Rhin por varias razones, entre las cuales era la principal, y á su parecer la

más justa, la frecuencia con que los alemanes pasaban á la Galia, asolando el país y provocando á los naturales á sacudir el yugo de sus opresores: quiso también atemorizarles haciéndoles ver que el ejército romano podía y tenia valor para tal empresa, y pretendía, además, que le entregaran la caballería de los vencidos, Usipetes y Tencteres, (1) que no se halló en la refriega y había huído, cruzando el Rhin, al país de los Sugambros (2), con los que habían formado alianza. Los Ubios (3), el único pueblo de los trasrenanos que había solicitado y alcanzado la amistad de los romanos, pedían con insistencia socorro contra los suevos, que los molestaban con frecuencia.

Por estas causas, pues, se lee en los *Comentarios*, César había resuelto pasar el Rhin; pero pasarle con las naves que los ubios le ofrecían, ni lo consideraba seguro, ni correspondiente á su dignidad ni á la del pueblo romano. Y así, aunque era grande la dificultad que se ofrecía en la construcción de un puente, por la anchura y profundidad del río y la velocidad del agua, decidió llevar á cabo la obra, pues de otro modo no consentiría que pasaran sus legiones. Eran ocho las que tenía este año, que fué el 55 antes de la Era Cristiana y el 699 de la fundación de Roma, siendo cónsules Gneo Pompeyo y Marco Crasso.

César construyó el puente de este modo. (Véase la figura 18, que representa el Puente según los *Comentarios*.) Para dibujarle he

---

(1) Pueblos germanos establecidos en la orilla derecha del Rhin. Los Usipetes entre los ríos Bark y el Lippe y los Tencteres desde et último al Ruhr. C. I. *Cæsaris, Comentarii de bello gallico* por el Doctor Doberenz. Leipzig, 1867, lib. IV, cap. XVI y XVII. Nota, Germania.

(2) Doberenz, á los que escribe Valbuena en el texto latino de su traducción española de los *Comentarios* Sicambrorum, los llama Sugambrorum y con la misma ortografía (Sugambri) se ve citado este pueblo en la carta de la Galia romana que acompaña á la *Historia de Julio César*, por Napoleón III.

Estos Sugambros (Sugambri) habitaban en la margen derecha del Rhin, entre los ríos Sieg y Ruhr. C. I. *Cæsarius Comentarii de bello gallico*, por el Doctor Doberenz, cuarta edición. Leipzig, 1867; lib. IV, cap. XVI y XVII. Nota, Germania.

(3) Los de Colonia.



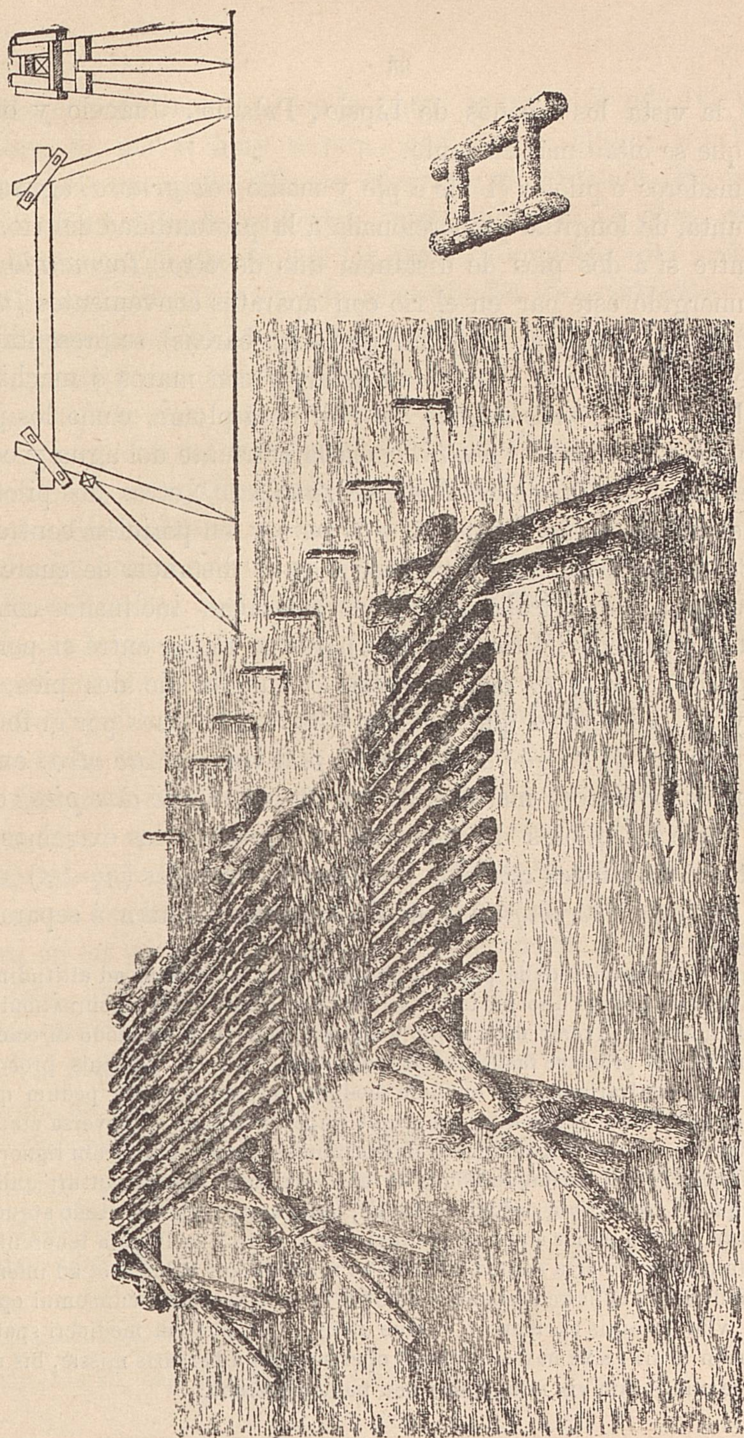


Figura 18.

tenido á la vista los diseños de Lipsio, Paladio, Juanelo y otros autores que se citan más adelante.

Dos maderos ó pilotes (1) de á pie y madio *(de grueso)* aguzados por la punta, de longitud proporcionada á la profundidad del río, se unían entre sí á dos pies de distancia uno de otro *(formando un par)*. Sumergido este par en el río con aparatos convenientes *(machinationibus)* (Napoleón III quiere qne sean barcas) se presentaban los pilotes en la posición que debían tener, y con mazos ó machinas se hincaban *(en el fondo ó lecho del río)* no á plomo, como los pies derechos, sino inclinados *(prone)* hacia la corriente del agua y convergentes entre sí *(fastigiate* ó mejor *fastigate)*; otros dos pilotes, unidos del mismo modo (es decir, *otro par*) y en posición contraria *(enfrente de los primeros ó río abajo)* y á distancia de cuarenta pies, medidos sobre el lecho del río, se colocaban inclinados contra la corriente é ímpetu del río. Los dos pares se unían entre sí por la parte superior *(insuper)* con traviesas ó puentes de dos pies (*de grueso*) y de la longitud que mediaba (por arriba pues por el fondo del río ya se ha *dicho que distaban* 40 *pies un par de otro)* entre los dos pares opuestos, metiéndolas en el hueco *(de dos pies)* que quedaba entre los pilotes de cada par, y sujetando los extremos de las puentes á los pilotes con dos hebillas ó brochales (*fibulis*) una por cada extremo (*utrimque*). Cuando los pares tendían á separarse

(1) Tigna bina sesquipedalia paulum ab imo præcuta dimensa ad altitudinem fluminis intervallo pedum duorum inter se iungebat. Hacec cum machinationibus immissa ad flumen defixerat fistucisque adegerat, non sublicæ modo directe ad perpendiculum, sed prone ac fastigate, ut secundum naturam fluminis procumberent, his item contraria duo ad eundem modum iuncta intervallo pedum quadragenum ab inferiore parte contra vim atque impetum fluminis conversa statuebat. Hæc utraque, insuper, bipedalibus trabibus immissis, quantum eorum tignorum iunctura distabat, binis utrimque fibulis ab extrema parte distinebantur; quibus déclusis atque in contrariam partem revinctis, tanta erat operis firmitudo atque ea rerum natura, ut quo maior aquæ se incitavisset, hoc arctius illigata tenerentur. Hæc directa materia iniecta contexebantur: ac nihilo secius sublicæ et ad inferiorem partem fluminis oblique agebantur, quæ pro ariete subiectæ et cum omni opere coniunctæ vim fluminis exciperent et aliæ item supra pontem mediocri spatio, ut, si arborum trunci sive naves deiciendi operis essent a barbaris missæ, his defensoribus earum rerum vis minueretur neu ponti nocerent.



(*declusis*) eran retenidos por la parte opuesta, dando tal firmeza á la obra, de por sí muy segura, que cuanto mayor era la fuerza de la corriente, tanto más se apretaba su trabazón. Se colocaron varios de estos pares *(cada dos, uno enfrente de otro, según la corriente*, con la puente *que los unían formaban una pila)* unos á continuación de otros *(según el ancho del río)*, ligándolos entre sí con largueros colocados sobre las puentes, recubriéndolos con ramas y faginas; y sin embargo *(nihilo secius, es decir, á pesar de la firmeza de la obra)*, se colocaron tornapuntas *(sublicæ oblique)* por la parte inferior del río *(aguas abajo del Puente)*, las cuales, hincadas con ariete y formando un todo con el resto de la obra, contrarrestaban la fuerza de la corriente: además, se pusieron otras más arriba del puente (*aguas arriba*) y á cierta distancia, para que si los bárbaros echaban troncos de árboles ó soltaban naves con objeto de deshacer las obras, la fuerza de estas defensas disminuyera su acción oponiéndose á que dañaran al puente.

He tenido que apartarme en la traducción que precede de la versión de Valbuena, tanto porque no se ha detenido bastante en la interpretación de algunos pasajes, como por la incorrección del texto latino que acompaña á su traducción castellana. Yo he copiado el párrrfo que va en latín, por nota, de la obra de Doberenz, ya citada. Las diferencias entre ambos textos son notables: pues en los pocos renglones que corresponden á la descripción del Puente, hay tres adverbios *directe*, *fastigate* y *oblique*, que vienen como adjetivos en el texto de Valbuena, al que le faltan las palabras *insuper* y un *et*, y le sobra la voz *causa*, sin contar otros errores de menos importancia.

Napoleón III, en su *Historia de Julio César* (1), observa correctamente que en la frase que empieza *Haec utraque insuper*, y termina *illigata tenerentur*, no han advertido los traductores, y entre ellos hay que incluir á Valbuena, que las palabras *Haec utraque*, se refieren á los dos pares de una pila, y no á los pilotes de un

(1) Lib III. cap. 7, *Campagne de* 699. Nota.

par. Además, las voces *quibus declusis*, etc., se relacionan á estos mismos pares, y no á *fibulis*, como algunos han creido.

Los adverbios *fasgitate* y *prone*, y el ablativo *fibulis*, han sido interpretados de distinto modo por los Arquitectos é Ingenieros que han dibujado el Puente, y lo que me parece más exacto, respecto á los dos primeros, es admitir, como ya lo había explicado Rondelet (1), que por *prone* debe entenderse la inclinación de los pilotes

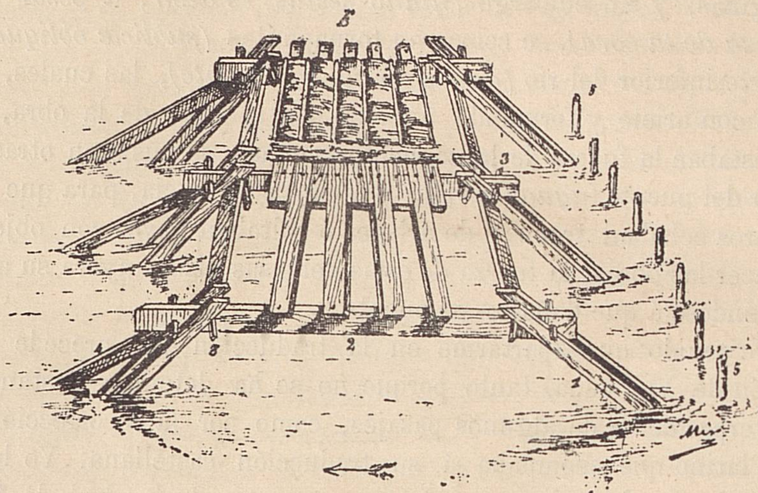


Figura 19.

E Pons Cæsaris, eius partes. 1 Tigna sesquipedalia in flumen dimissa. 2. Bipedales trabes immisæ. 3. Fibula bina. 4. Sublicæ obliquæ et cum opere junctæ. 5. Defensores. 6. Directa materia ad consternendum.

con relación á la superficie del agua, y por *fasgitate* otra segunda inclinación de estos pilotes, uno hacia la margen derecha, y otro hacia la izquierda del río; de modo, que prolongando mentalmente los dos pilotes de un par hacia arriba, viniese á resultar un *fastigium*, que significa literalmente la parte alta de un frontón formado por dos lados convergentes (2), por lo cual hemos dicho que los pi-

(1) *Traité théorique et pratique de l'art de batir:* t. IV, pág. 305.

(2) *Dictionaire des Antiquités romaines et grecques*, par Anthony Rich. París, 1861. Fastigium.

lotes, además de estar inclinados hacia la corriente, eran entre sí convergentes, por más que no llegaran á juntarse en un punto para formar el fastigium.

Las traviesas, ó puentes, se sujetaban á los pares con *fibulis*, voz que se ha tomado por traviesas, muescas, ensambladuras, cuerdas, pasadores, etc., y sólo Juanelo, con mayor ingenio, y sujetándose al sentido directo de la palabra, las llama hebillas, y como tales las dibuja y explica su función en el Puente, con arreglo al texto de César, como más adelante se procura demostrar.

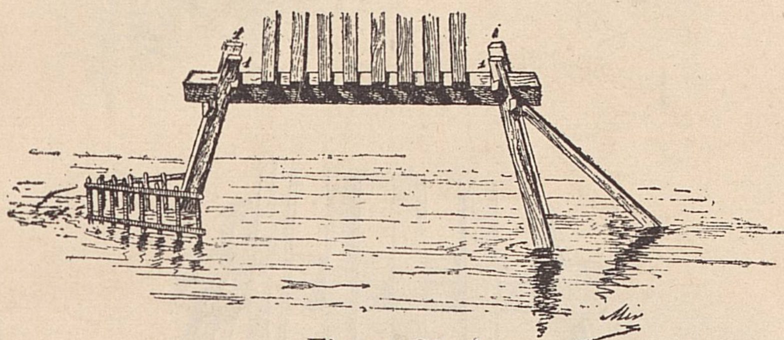


Figura 20.

La figura 19, representa el puente de César, dibujado por Justo Lipsio (1), acompañado de su correspondiente leyenda ó explicación.

En los pilotes (*Tigna sesquipedalia*) no ha figurado más inclinación que la correspondiente á la superficie del agua (*prone*), haciendo caso omiso de la correspondiente á *fastigate*. Traduce *fibulis* por pasadores ó clavijas, y representa las maderas labradas. En lo demás, el dibujo es correcto y ajustado al texto.

Las figuras 20 y 21 representan el puente dibujado por Paladio (2). Los pilotes 1, 1, no están convergentes, y traduce *fibu-*

---

(1) Iusti Lipsi. *Poliorceticon.* Antuerpiæ MDXCVI, pág. 125.

(2) *I Comentari di C. Giulio Cesare.* Fatt. d'Andrea Palladio. In Venetia MDCXXV. Rondelet *Traité théor. et prat. de l'art de batir*, t. IV, Pl. CXXXVIII.

lis, por las muescas y rebajos que aparecen detalladamente en la figura 21. La unión ó ensambladura de los pilotes no inspira gran confianza en la seguridad de la obra.

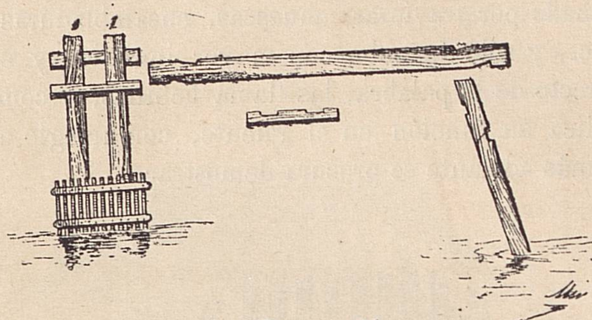


Figura 21.

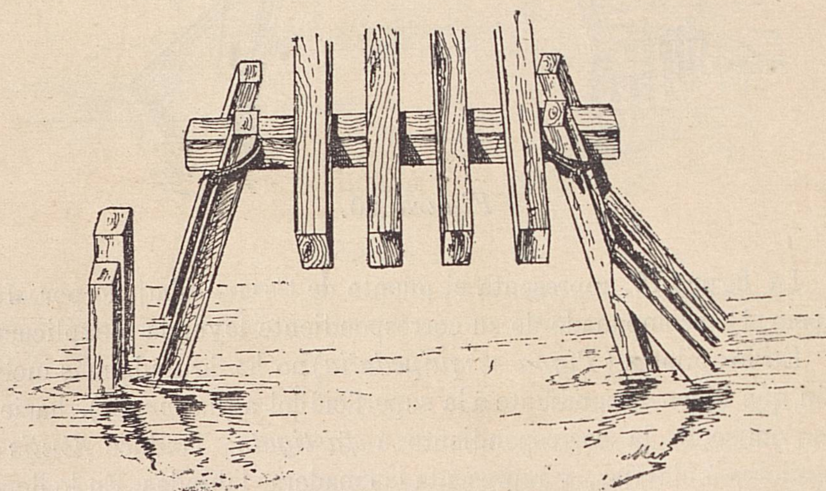


Figura 22.

Alberti (1) dibuja el Puente con arreglo al diseño representado en la figura 22.

(1) RONDELET. *L'Art de batir*, tom. IV, pág. 305, lám. CXXXVIII.

No indica la convergencia de los pilotes y traduce *fibulis* por cuerdas. Nada en el texto autoriza semejante versión.

En el mismo caso se encuentra el dibujo de Scamozzi (1) figura 23.

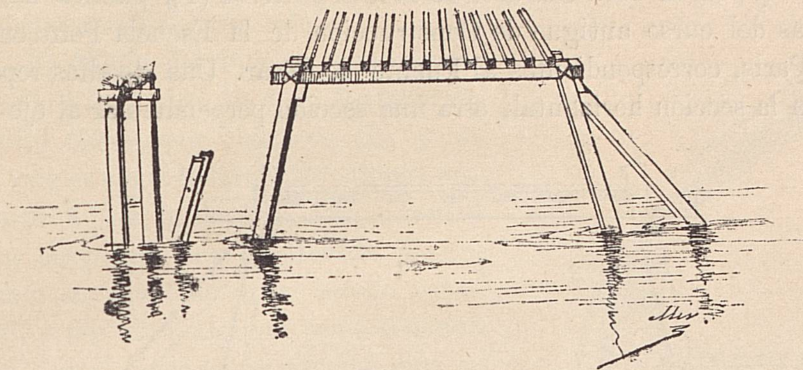


Figura 23.

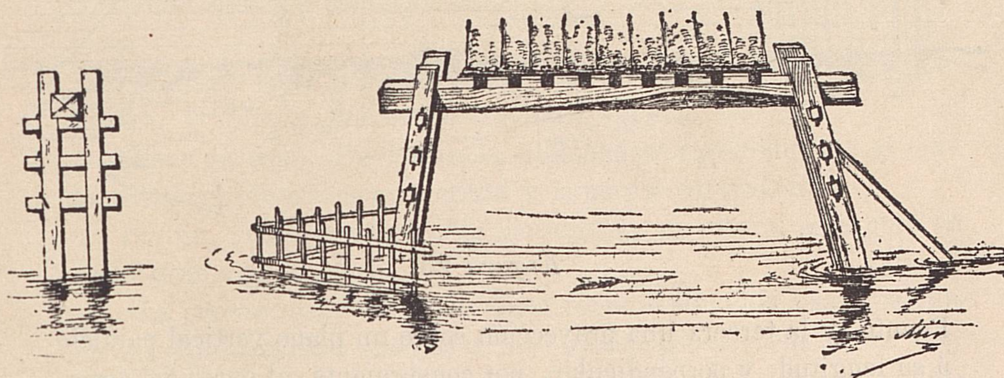


Figura 24.

Perrot d'Ablancourt diseña el Puente (2) (*fig.* 24), prescindiendo de la convergencia de los dos pilotes, y los une entre sí por medio

(1) Rondelet, loc. cit.
(2) Ibdn.

de clavijas y pasadores, que debilitarían su resistencia. Se desentiende de las *fibulis*, pues la puente ó traviesa descansa simplemente, sin ninguna trabazón, en los pasadores más altos. Me parece insegura y poco acomodada al texto esta interpretación.

Emy, en su obra *Del arte de la Carpintería* (1), publica las láminas del curso antiguo de Construcción de la Escuela Politécnica de París, correspondientes al Puente de César. Una de ellas representa la sección horizontal, otra una sección perpendicular al eje del

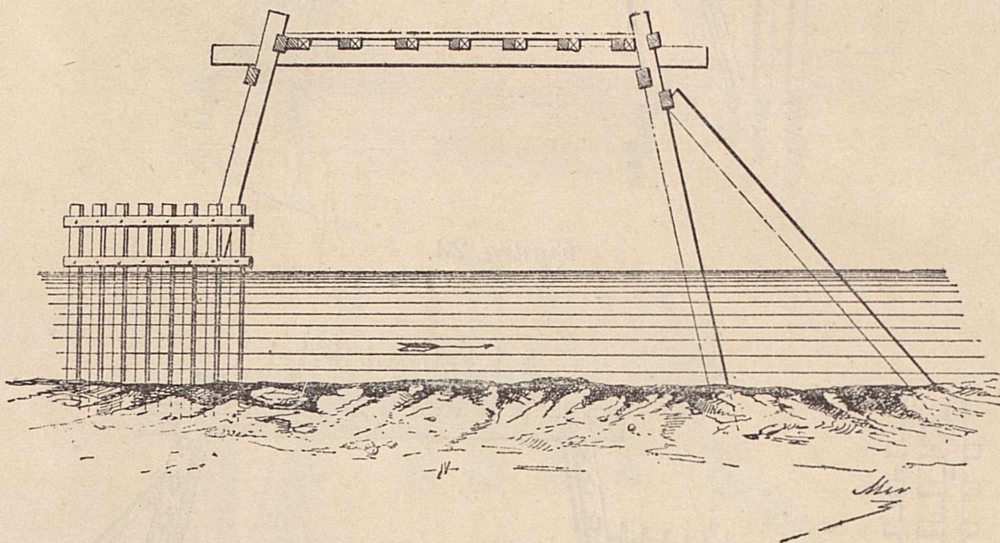


Figura 25.

Puente, y la tercera una proyección sobre un plano vertical paralelo á su longitud, y perpendicular, por consiguiente, al curso del agua.

La figura 25 es copia de la última, y en ella se advierte que la Escuela Politécnica resuelve la cuestión de la unión de las puentes ó traviesas con los pilotes, lo mismo que Paladio, con muescas y ensambladuras. Tampoco representa la convergencia de los pilotes,

(1) A. R. Emy. *Traite de l'art de la Charpenterie;* t. II, pág. 369, Pl. 129.

dibujándolos paralelos entre sí. De este diseño he formado la misma opinión que del de Paladio.

Rondelet dibuja con toda claridad la convergencia de los pilotes (*figura* 26), pero la trabazón de las puentes con los pares, mediante las espigas que se ven en el dibujo, ni ofrece seguridad alguna, ni se aviene con el texto. (1)

El dibujo del Puente, que corresponde á la lámina 15 de la *Historia de Julio César*, por Napoleón III, y de la que es copia la figura 27, tiene, respecto á las anteriores, una novedad que me parece muy justificada. Representa las maderas en su estado natural, y sin labra alguna, como debieron emplearse, pues no se concibe que, en diez días que duró la construcción, hubiera tiempo de labrarlas á escuadra, como han dado por hecho los demás autores.

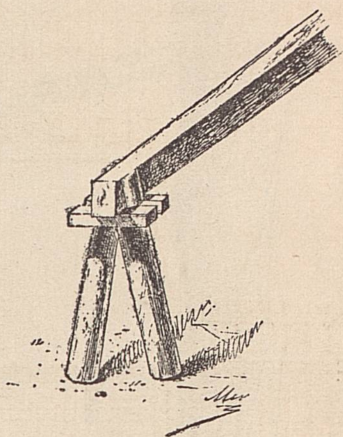


Figura 26.

Prescinde de la convergencia de los pilotes, y traduce *fibulis* por travesaños (liens en bois). Por lo demás, ateniéndose rigorosamente al texto, dibuja el Puente con exactitud y la mayor corrección.

Por fin, Juanelo, en su obra manuscrita ya citada, se explica en estos términos:

«La puente que hizo Julio César sobre el Rhin, la cual describe en sus *Comentarios*, muchos la han querido glosar, mas al fin muy pocos la veo acertar, en especial en la *Fibula*, la cual es muy dificultosa de entender, porque unos quieren que sea una cuerda con que atan todo, otros quieren que sea una clavija de hierro, otros quieren que sea una ligazón de madera, la cual fibula me parece que se entiende que ha de ser á modo de una evilla (sic) por hacer casi

(1) Rondelet. *L' art de batir.*

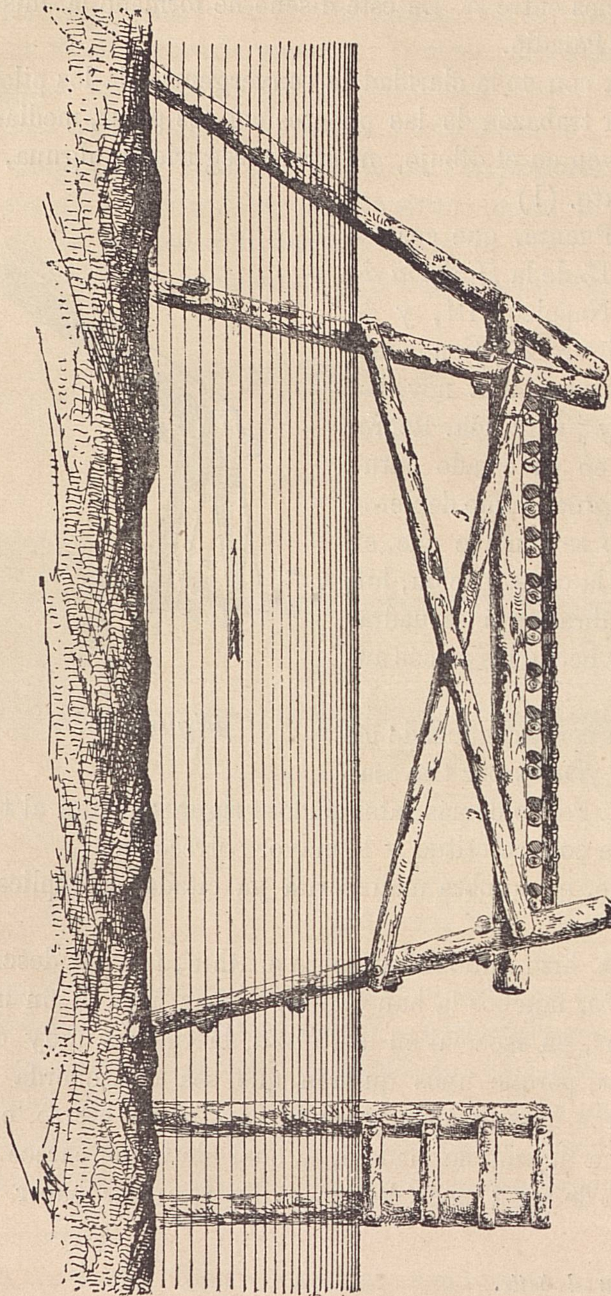


Figura 27.

el mismo efecto que hace la evilla en la correa; la cual es en la manera que aquí en medio se señala (*Fig.* 28) á mi entender, según me parece deben estar; las dos piezas *G*, han de ir siempre arriba, y las otras dos, que es *I*, deben ir siempre de travieso, á causa que de otra manera no serviría que las dos piezas *I* tomen el madero *C*, por razón que la una pieza la tiene que no la deja abajar y la otra no la deja tampoco subir para arriba».

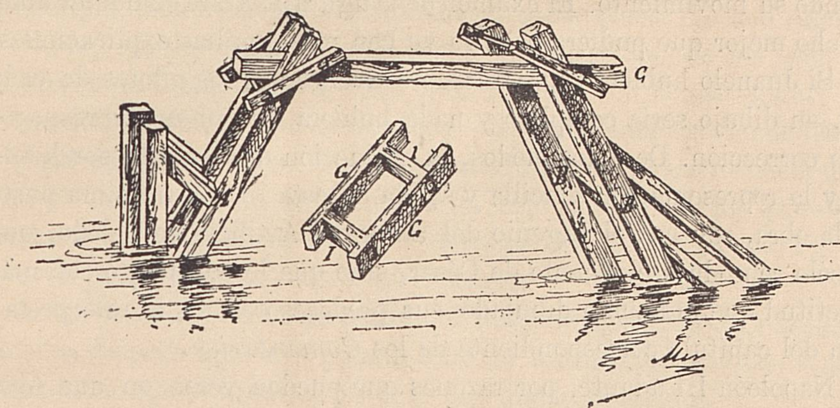


Figura 28.

La hebilla de Juanelo es la solución completa de la dificultad: primero, porque la traducción de hebilla por fibula es la única que puede aceptarse como correcta y genuina; y segundo, porque con la hebilla se evita en la unión de los pilotes con las puentes la rigidez, tan perjudicial á la obra, que tomaría con las clavijas ó pasadores, con los travesaños, las cuerdas y las muescas, que figuran en sus dibujos respectivos los autores anteriormente citados. La sencillez de construcción de las hebillas y la facilidad que ofrecen para su colocación, abonan además la opinión de Juanelo, tratándose de un puente de longitud extraordinaria, construído en diez días, y, á propósito del cual, advierte César, por último, que si los pilotes de una pila se mueven ó separan en un sentido, son retenidos por la parte contraria,

y esto solo puede tener lugar empleando las hebillas. En efecto, si la carga sobre el tablero, durante el tránsito del ejército, le oprimió hacia abajo, la puente *C* se apoyaría en los travesaños *I* inferiores de las hebillas, y los superiores la sujetarían contra los pilotes *AA BB*. Los costados *G* de las hebillas retienen los pilotes unidos á la puente *C*, y por consiguiente fijan su posición. Si los pilotes *AA* empujados por la corriente cediesen en la dirección de la flecha, los travesaños *I* superiores de las hebillas, los retendrían en su posición, deteniendo su movimiento. El examen de la figura aclarará cualquier duda mucho mejor que pudiera hacerlo yo con más amplias explicaciones.

Si Juanelo hubiera representado convergentes los pilotes de cada par, su dibujo sería completo y nada hubiera que observar respecto á su corrección. De todos modos, la traducción de la fibula por hebilla y la representación sencilla y sólida de esta interesantísima parte de la obra, revelan el ingenio del autor del Artificio de Toledo, que no sólo reprodujo el Puente de César, sino que lo construyó con más exactitud que lo habían dibujado sus predecesores en la interpretación del capítulo correspondiente de los *Comentarios*.

Napoleón III admite, por razones que pueden verse en una nota interesantísima del lib. III, cap. VII, *Campagne de* 699, de su *Historia de Julio César*, que el puente se construyó en Bona, en donde el Rhin tiene 430 metros de anchura. Calcula que tendría 56 tramos de á 26 pies romanos (7 m. 50) (1). Por consiguiente, añade, se necesitaron 54 pilas (2).

Terminada la obra en diez días, y dejando guarnición en las dos entradas del puente, pasó César el ejército al país de los Sugambros, que recorrió durante algunos días, talando los campos y abrasando los lugares y edificios que encontraba al paso, sin que nadie se le opusiera, pues los habitantes se habían retirado, escondiéndose en las montañas con todos sus efectos. Desde allí se trasladó á Colonia,

(1) 430, divididos por 7 m. 50, dan á lo menos 57 tramos.

(2) Se necesitaron, debió decir, 56 pilas, que comprenderían 55 tramos y los dos de los estribos ó entradas al puente, que hacen 57 en total.

prometiendo á los naturales defenderlos si los Suevos les atacasen, y enterado de que estos germanos se habían retirado también á los montes con sus familias y sus haciendas, y cumplidos los propósitos que le movieron á pasar el Rhin, volvió á las Galias, persuadido de que había hecho bastante para gloria y utilidad del pueblo romano, mandando deshacer el puente.

También ha dado lugar á controversias empeñadas la situación de esta obra. Unos suponen que se construyó entre Bona y Coblenza; otros fijan su situación en Emmerich; y Napoleón III, con algún otro autor, admite que estuvo en Bona. La exposición de los hechos que sirven de fundamento á estas opiniones, no son de este lugar. A los que deseen tomar conocimiento de ellos, podemos recomendarles las obras de Doderich, en donde encontrarán minuciosas noticias del Rhin, de la estancia de los romanos en este país, y de los pueblos germanos que habitaban la orilla derecha del caudaloso río (1), y sostuvieron las guerras contra los romanos.

Antes de César, no había pasado el Rhin ningún ejército regular. Dos años después hizo otro puente sobre el mismo río, más arriba de Bona, enteramente igual al primero que queda descripto.

---

(1) ANDREAS DODERICH. *Geschichte der Römer und des Deustchen am Niederrhein.* Emmerich. 1854. 1 vol. *Die Feldzüge des Drusus und Tiberius. Köln und Neuss* 1869, 1 vol. *Julius Caesar am Rhein, nesbt Anhang ueber die Germani des Tacitus, und ueber di Franci der Peuntingerschen Tafel.* Padenburn, 1870, 1 vol. Liber X, caput XII.

APÉNDICE

Libro X, capítulo XII. De la máquina Ctesibica. (Arquitectura de M. Vitruvio Polión.)

(*Véase la figura* 29 *al final de la traducción.*) (1)

«Sigue ahora la descripción de la máquina Ctesíbica para subir agua á gran altura. Se construye de bronce, y en su base *(radicibus)* van asentados dos vasos ó barriletes *(modioli,* hoy cuerpos de bomba*)* gemelos, poco distantes entre sí, de los que arrancan dos tubos que forman á modo de una horquilla, y que, situados simétricamente, vienen á concurrir al centro de un recipiente *(catinum)*; en este

(1) *De Ctesibica Machina* (M. Vitruvii Pollionis, de *Architectura*). Insequitur nunc de Ctesibica machina, quae in altitudinem aquam educit, mostrare. Ea fit ex aere, cujus in radicibus modioli fiunt gemelli paulum distantes, habentes fistulas, furcillae sunt figura, similiter cohaerentes, in medium catinum concurrentes: in quo catino fiant axes in superioribus naribus fistularum coagmentatione subtili collocati, qui praeobturantes foramina narium, non patiuntur exire id, quod spiritu in catinum fuerit expressum. Supra catinum penula, ut infundibulum inversum est attemperata, quae etiam per fibulam cum catino cuneo trajecto continetur et coagmentatur, ne vis inflationis aquae eam cogat elevare: in super, fistula, quae tuba dicitur coagmentata in altitudine sit erecta.

Modioli, autem, habent, infra nares inferiores fistularum, axes interpositos supra foramina earum, quae sunt in fundis; ita de supernis in modiolis emboli masculi torno politi et oleo subacti conclusique regulis et vectibus convoltuntur, qui ultro citroque frequenti motu prementes aerem, qui erit ibi cum aqua, axibus obturantibus foramina, cogunt et extrudunt inflando pressionibus per fistularum nares aquam in catinum, e quo recipiens penula spiritus exprimit per fistulam in



recipiente hay válvulas ó ventosas, sutilmente colocadas en la unión de las bocas superiores de los tubos con el recipiente, las cuales, cerrando los agujeros ó bocas de los tubos, no permiten que se escape lo que de aire *(id quod spiritu)* hubiere encerrado ó comprimido en el recipiente. Sobre este se coloca una cobertera á manera de embudo invertido, que, por medio de hebillas ó visagras *(fibulam)*, sujetas á su superficie cónica *(cuneo trajecto)*, la retienen y unen al recipiente para que la fuerza del agua comprimida no la obligue á levantarse. Encima se adapta un caño que se llama *Tuba*, y que sube verticalmente á la altura que se desee.

«Los cuerpos de bomba tienen en sus fondos, por debajo de las bocas inferiores de los tubos, aberturas cubiertas con válvulas *(axes*, ó mejor *asses)*; además, por las bocas superiores de los cuerpos de bomba, entran los émbolos macizos, torneados y untados con aceite, los cuales, ligados á vástagos y palancas, suben y bajan, de modo que por su movimiento frecuente y alternativo *(ultro citroque frequenti motu)*, comprimiendo el aire que estará allí con el agua *(qui erit ibi cum aqua)* absorben (al subir) el agua cerrando las válvulas las bocas de los tubos, y la obligan (al bajar) á que, venciendo las presiones del aire, pase por los tubos al recipiente, del cual la recibe la cobertera, y empujada por el aire sube por el caño (Tuba ó fistula) para ganar la altura».

»Y así, desde un sitio bajo se provee de agua á un arca superior *(castello)* colocada en el punto en que ha de empezar á correr».

---

altitudinem. Et ita, ex inferiore loco castello colocato ad saliendum aqua subministratur.

Nec tamen haec sola ratio Ctesibii fertur exquisita, sed etiam plures et variis generibus aliae, quae ab eo liquore pressionibus coacto, spiritu efferre á natura mutatos effectus ostenduntur: uti merularum, quae motu voces edunt, atque engibata, quae bibentia tandem movent sigilla, caeteraque quae delectationibus oculorum et aurium sensus eblandiuntur: e quibus, quae maxime utilia et necessaria judicavi, selegi, et in priore volumine de horologiis, in hoc de expressionibus aquae dicendum putavi: reliqua, quae non sunt ad necessitatem, sed ad delitiarum voluptatem, qui cupidiores erunt ejus subtilitatis ex ipsius Ctesibii Comentariis poterunt invenire.

»No es este el único invento ingenioso de Ctesibio, sino otros muchos de varios géneros, en los cuales, forzada el agua por presión, se muestran con el aire efectos parecidos á los naturales, como mirlos, que, al moverse, producen sonidos; figurillas que beben y se mueven, y otras que halagan los sentidos de la vista y el oído, entre los cuales elegí los que creí de mayor utilidad y necesidad, tratando en el libro precedente de los relojes y en este del modo de elevar el agua; los restantes, que no son de necesidad y sirven sólo de recreo, podrán, los aficionados á estos esfuerzos del ingenio, encontrarlos en los *Comentarios* del mismo Ctesibio».

MM Modioli. Barriletes ó cuerpos de bomba.
ff... Fistulae. Tubos formando horquilla.
C... Catinum. Recipiente del agua.
P... Penula. Recipiente ó cámara del aire.
T... Tuba. Caño de salida ó expulsión.
EE Emboli masculi. Embolos macizos.
VV Vectes. Vástagos.

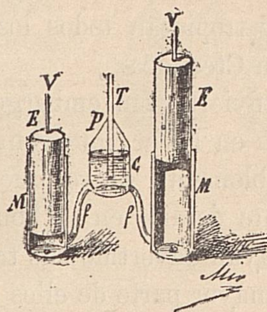


Figura 29.

Lo mismo que dije del texto latino del Puente de Julio César, repito ahora del de la máquina Ctesíbica: ni los textos de la *Arquitectura* de Vitrubio están conformes, ni los traductores de acuerdo en la interpretación de algunos pasajes interesantes.

He adoptado el que inserta en su traducción italiana el marqués de Galiani, y al ponerlo en castellano he tenido á la vista la versión de este traductor y la inglesa de Newton, ya citada. Me parece indispensable esta declaración, porque hay textos en que se lee *Ethésbica* por *Ctesíbica; cum cuneo* por *cum catino* cuneo y Perrault dice el marqués de Galiani, «no comprendiendo como los émbolos podían absorber aire y agua, según explica Vitruvio, creía que se hablaba del aire de fuera ó exterior, que oprime y hace entrar al agua en los cuerpos de bomba, y bajo esta suposición ha corregido *tum*

aquam por *cum aqua* y *è qua recipiens penula superposita* por *è quo recipiens penula spiritu*. «He creído que como está estaba bien, añade el Marqués, y supérfluo exponer sus razones por no contraer la obligación de refutarlas.» (*L'Architectura* de M. Vitruvio, por el Marqués Berardo Galiani: Napoli MDCCLVIII, pág. 412. Nota). De los innumerables copistas por cuyas manos han pasado los manuscritos de Vitruvio en época anterior á la invención de la imprenta, hay que temer las omisiones y adiciones y los errores notables en que han incurrido, los cuales, unidos á la pérdida de las láminas que acompañaban al texto original, han creado las graves dificultades con que tropiezan todos los traductores en la interpretación de la máquina Ctesíbica.

Se advierte, sin embargo, en la explicación de Vitruvio, tal insistencia en hacer intervenir al aire en la elevación del agua, que irresistiblemente se ve uno forzado á admitir que Ctesibio puso un recipiente de aire en su bomba, aunque no lo diga expresamente y no lo hayan advertido sus traductores.

La mayor parte de ellos han dado poca importancia á los capítulos que tratan de las máquinas, considerando la Arquitectura como lo más importante de la obra; y no siempre han tenido presente, unos por ignorarlas y otros por negligencia, las propiedades del agua y del aire y las leyes de la Mecánica, sin cuyo conocimiento es imposible traducir las descripciones de este género. Ctesibio no necesitaba ni nombrar siquiera al aire para explicar con claridad y precisión la bomba aspirante é impelente que lleva su nombre, y tal cual la figura Perrault en su traducción, refiriéndose á un dibujo del que es copia la figura 30. (1)

En ella se ven los dos cuerpos de bomba *B*, *B'*: los tubos, formando horquilla, *d*, *d'*, que partiendo de los cuerpos de bomba vienen á concurrir al recipiente *A*. Encima va la cobertera *D*, en forma de embudo invertido, y adaptada á ella la columna *T*. En la posición que indica la figura, el émbolo *C* está en lo alto de su carrera, la

(1) A. Rich. *Diction. des antiq. rom. et grecques. Ctesibica machina.*



válvula del fondo del cuerpo de bomba *B*, abierta, y cerrada la del tubo *d*, correspondiente á la boca situada en el recipiente *A*: el cilindro *B* está lleno de agua. En el otro cuerpo de bomba todo pasa al contrario: el émbolo *C'* se halla en la parte más baja de su curso, la válvula del fondo cerrada, y abierta la de la boca del tubo *d'* en el recipiente: el agua contenida en el cuerpo de bomba *B'*, está pasando por el tubo *d*, al recipiente *A*. De este sube á la cobertera *D* y á la columna *T*. En esta descripción no entra para nada el aire, y de aquí las correcciones que Perrault ha tenido necesidad de introducir para que el texto adulterado estuviera conforme con su dibujo. Pero Vitruvio dice claramente que las válvulas situadas en el recipiente cierran las bocas de los tubos para que no se *escape el aire* que en él hubiere comprimido; y el aire, evidentemente, se escaparía por la columna *T* si esta colnmna estuviera como Perrault la ha representado, y no penetrara, como yo la he diseñado en la figura 29, sumergiéndola en el agua del recipiente. En otra parte del texto dice que los émbolos, comprimiendo *al aire*, que estará allí con el agua, la absorben y la obligan, venciendo las presiones del *aire*, á pasar por los tubos, etc. Puede prescindirse de la intervención del aire, como se ha visto, si no se trata más que de describir la bomba aspirante é impelente; pero Ctesibio no prescinde y habla con conocimiento de sus propiedades, entre las que se cuentan como esenciales la de ser compresible y elástico, que quiere decir, que sometido á una presión se reduce de volumen, pero cuando cesa ó disminuye esta presión, lo recobra, ejerciendo á su vez presión en sentido contrario á la que le oprimía; además, se deja ver que no ignoraba que el agua no es compresible, ni, por consiguiente, elástica.

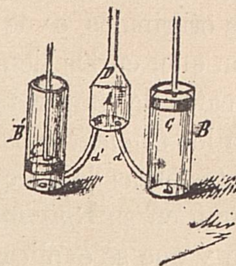


Figura 30.

Y si el aire intervenía en el juego de la bomba de Ctesibio, como no queda la menor duda, claro es que debía estar contenido en un recipiente para poderlo comprimir, y por eso hay que convenir con

Ewbank en que el recipiente de aire, que se tiene por invención moderna, era conocido de Ctesibio y figuraba con el nombre de pénula en la descripción de Vitrubio.

Penula es, por lo tanto, la cámara ó vaso del aire que tenía la figura de un embudo invertido, y *Catinum* el recipiente del agua.

Si quedara alguna duda acerca de la función del aire comprimido en el juego de la bomba de Ctesibio, no habría más que consultar la *Spiritalia* de Heron, su discípulo y amigo. Este libro, con las láminas originales, es de los pocos que han podido salvarse de la destrucción que, en los tiempos de barbarie y tinieblas que mediaron entre la caída del imperio romano y la invención de la imprenta, sufrieron los *Comentarios* de Ctesibio, los libros de Arquímedes, y otras tantas obras de las que únicamente sabemos que existieron. Describe Heron en su *Spiritalia* (1) primero la fuente que aún lleva su nombre y que se explica en todos los tratados de Física, y en la cual el aire comprimido fuerza al agua á salir por el surtidor *(per œrem in ipso compressum)* (2); después trata de su bomba de incendios, y, cuando explica cómo sale el agua del recipiente, dice textualmente que se fuerza al agua á salir de la misma manera que en la fuente, es decir, por el aire comprimido: lo cual demuestra que hubo también en su bomba de incendios cámara ó recipiente de aire, porque á este fluído ni á ningún otro se le puede comprimir sin recogerlo primero en un vaso cerrado.

Por esto Ewbank, en su obra citada repetidas veces (pág. 305), representa la bomba de incendios de Heron, en un diseño, del que es copia la figura 31, declarando que el tubo (*Tuba*) que arranca del recipiente y sube vertical, no aparece en sección en el dibujo de la traducción de Commandino, como él lo representa, pero que la disposición de los tubos, con arreglo al texto, es precisamente la de su

---

(1) En los siglos XVI y XVII se publicaron varias traducciones latinas de esta obra. Ewbank, de quien tomamos estas noticias, se refiere á la versión de Commandino. *Heronis Alexandrini Spiritualium Liber, a Federico Commandino urbinate, ex Græco nuper in Latinum conversus.* 1583.

(2) *Spiritalia*, pág. 70.

diseño. Rechaza la figura rectangular del recipiente, porque no puede admitir que un hombre del ingenio de Heron buscara obstáculos inútiles á la circulación del agua, y atribuye tanto esta irregularidad como la estrechez del tubo, que sirve de cámara de aire, á la ignorancia de los copistas, que encontrarían más facil dibujar, y á sus ojos más pecfecta, la figura rectangular, y que, no comprendiendo el juego del aire en la ascensión del agua, reducirían por innecesario el diámetro del tubo, creyendo perfeccionar el aparato.

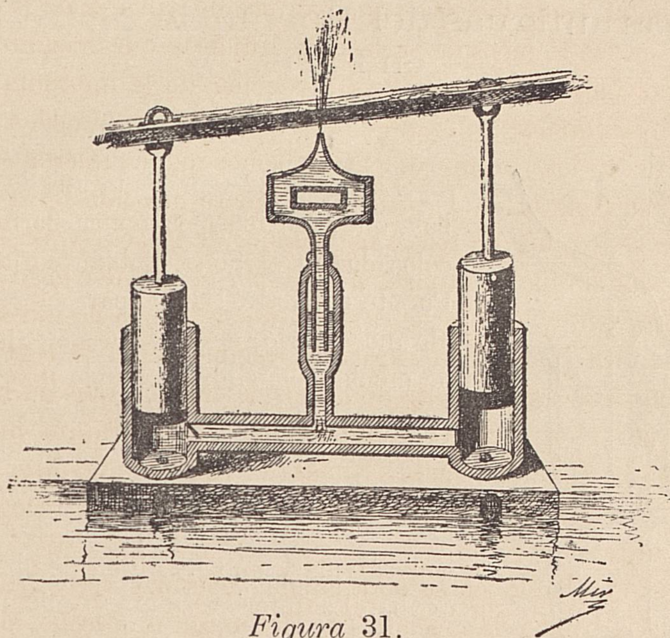


Figura 31.

Estas observaciones son tan juiciosas y atinadas, que en una bomba de Heron, encontrada en Castrum Novum, cerca de Civita-Vecchia, que servía para alimentar de agua á los baños de la ciudad, y que describe Rich en su *Diccionario de Antigüedades* (1), no hay en el diseño que acompaña á la descripción nada que recuerde la forma rectangular del dibujo de la traducción de Commandino.

(1) Véase la palabra *Sipho*.

La bomba de incendios de Heron, idéntica á las que hoy se usan, es un nuevo tributo de gratitud que debemos á los antiguos egipcios. No representa una de esas invenciones que por falta de aplicación inmediata quedan pronto relegadas al olvido y sirven luego de arsenal á los que se llaman inventores, apropiándose ideas y descubrimientos de los antiguos, porque de la descripción se deduce que estaban en uso en la época en que se escribió la *Spiritalia*. (1)

Bombas antiguas del Puente de Notre-Dame en París.

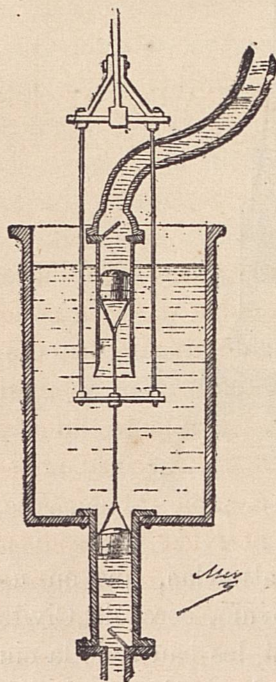


Figura 32.

La figura 32 representa una de las bombas, que, movidas por una rueda hidráulica colocada en el Sena, subían agua, en el Puente de Notre-Dame, para el servicio de algunos barrios de París. Estas bombas son de mucha comodidad, cuando no es posible ó conveniente colocarlas en el mismo pozo ó depósito del agua que se ha de elevar. El conjunto se compone realmente de dos bombas, en cada una de las cuales va un pistón con válvulas, que se abren de abajo hacia arriba. La inferior es una bomba atmosférica, llamada así porque al subir su pistón y formarse un vacío en el cuerpo de la bomba, la presión atmosférica obliga al agua del río á subir por el tubo inferior, abriendo la válvula colocada en el tubo de aspiración, y á penetrar en el cuerpo de bomba vacío. En la superior sube al mismo

(1) Siphones autem quibus utuntur ad incendia hoc modo construntur. Cit. por Ewbank, pág. 307.

tiempo su pistón y empuja al agua, que, abriendo la válvula que está encima, entra en la columna ó tubo de ascensión. Cuando bajan los dos pistones, se abren sus válvulas por la resistencia que encuentran en el agua, y se cierran las de los tubos: la del superior por el peso del agua contenida en la columna, y la del inferior por el peso del agua del depósito. Cuando se repite el movimiento ascendente, los dos pistones están cargados de agua y la elevan: el de la bomba inferior al depósito en que está sumergida la superior, y el de esta al tubo de ascensión. Tal es el juego de una de las bombas que formaban la instalación del Puente de Notre-Dame. (Ewbank. *A des. and hist. acc. of. hyd. machines*, pág. 477.)

De la máquina de Rannequin para regar los Jardines de Versalles.

Esta famosa máquina, establecida en Marly, cerca de París, en 1682, por el ingeniero holandés Rannequin, elevaba el agua del Sena á un depósito situado en la parte superior de una colina, distante un kilómetro proximamente del río, y á una altura sobre su nivel de 160 metros. Si Rannequin, obrando juiciosamente, hubiera ganado toda esa altura en un solo tramo, es decir, con bombas que desde el río hubieran forzado al agua á subir al depósito, sería preciso confesar que su obra fué la más atrevida y grandiosa de cuantas se acometieron en el mundo para la elevación del agua. No lo tuvo así por conveniente, y colocó entre el río y el depósito dos estanques ó cisternas escalonadas, resultando tres tramos ó series de bombas, que complicaron y aumentaron de tal modo el peso de la maquinaria con las trasmisiones de movimiento, que algún autor asegura que, por la resistencia y ruido que las piezas ocasionaban y las grandes distancias á que había que elevar el agua, adquirió esta obra el título de *Monumento de la Ignorancia.*



Primeramente, se construyó una presa en el río para proporcionar una caída y con ella la fuerza necesaria. Se dividió la presa con pilas en catorce canales distintos, y en cada uno se colocó una rueda hidráulica de choque inferior. En los dos extremos de los ejes de cada rueda se acoplaron manivelas que movían tirantes (*bielas*) para trasmitir movimiento á los pistones de las 250 bombas que funcionaban entre los tres tramos ó series en que Rannequin dividió la altura y la distancia entre el Sena y el depósito. Cerca del río, seis ruedas movían 64 bombas que forzaban el agua por tubos de hierro hasta la primera cisterna, situada en la falda de la colina á unos 180 metros de distancia y á 48 metros sobre el nivel del Sena.

De esta cisterna á la segunda hay 400 metros de distancia y 55 de desnivel, y, para elevar el agua del río que recibía la primera, trabajaban 79 bombas. Por fin, 88 elevaban el agua desde la segunda al depósito, salvando un desnivel de 55 metros y una distancia de 420 metros. Las bombas de estas dos series se movían con las ocho ruedas restantes por medio de tirantes y cadenas de hierro sostenidas en caballetes colocados en la falda de la colina. Estas dos series pudieron evitarse habiendo preparado una instalación sólida junto al río, con lo cual se hubiera ahorrado mucho gasto y suprimido el ruído y la trepidación de las trasmisiones, que tanto han contribuído al descrédito de esta máquina. Se supone que el 95 por 100 de la fuerza disponible se consumía en comunicar movimiento á las piezas que componían el aparato ó Ingenio.

El peligro de mover bombas con tirantes y cadenas se reconoció á los pocos años de su instalación, y en el de 1738 Camus ensayó á subir el agua directamente, prescindiendo de las cisternas, desde el río al depósito. La máquina, que no estaba preparada para un esfuerzo tan considerable, sufrió bastante en la prueba, pero al fin se logró parcialmente el resultado. Y esto confirma la opinión de que con obras, ruedas y bombas resistentes se hubiera podido, con mucho menos gasto y menor fuerza, elevar el agua á lo alto de la colina. Después se hizo otro ensayo, en 1775, para suprimir la primera cisterna, y, por consiguiente, un tramo ó serie de bombas; y, aun cuando

el resultado fué satisfactorio, no se instaló definitivamente la reforma por el mal estado de los tubos y dificultades pecuniarias. Por último, hallándose las ruedas hidráulicas muy deterioradas, se reemplazaron, por orden de Napoleón, con una máquina de vapor de 64 caballos; pero los tirantes, cadenas, etc., continúan siempre funcionando. Además de las bombas de elevación mencionadas, hay otras destinadas á alimentar á las primeras y á conservar siempre cargados de agua los émbolos macizos de las que están situadas cerca del río, cuyos cuerpos de bomba estaban abiertos por la parte superior. Las de las cisternas eran iguales á las del puente de Notre-Dame, con la diferencia de que no tenían más que el cuerpo de bomba superior, sumergido en el agua de la cisterna, y sus pitones iban provistos de válvulas, según queda explicado.

Juanelo instaló su máquina en Toledo 200 años antes que Rannequin colocara la suya en Marly; y, aunque subió muy poca agua, no le arredró la altura de 90 metros, ni gastó más que sesenta y dos mil pesetas en el Artificio, y en vez de cadenas y barrones de hierro para la trasmisión del movimiento, colocó un tirante de madera, lijero y sencillo, imitando las escalas para los asaltos de las plazas, descritas por Vegecio y Valturio.

Y me limitaré á estas observaciones, porque ni las circunstancias, ni las condiciones de la localidad, ni los medios de que dispusieron los dos ingenieros, admiten comparación. Además, Juanelo proyectaba y resolvía las dificultades con su ingenio. Rannequin, incapaz de concebir un plan atrevido, y sin talento para luchar con los obstáculos que se le ofrecían, malgastaba cuantiosas sumas y disipaba la fuerza en lo accesorio.

ÍNDICE

ERRATAS

Páginas.	*Línea.*	*Dice.*	*Léase.*
11 (Nota.)	1.ª	Josep......................	Joseph.
13 (Nota.)	1.ª	*acout*, acout, etc...........	*acount*, etc.
24	7.ª	Bermudez, que............	Bermudez y que.
31	11.ª	Fascole...................	Fassole.
34	8.ª	y en cada uno de ellos......	y en cada una de ellas.
104 (Nota.)	3.ª	Spiritualium..............	Spiritalium.
109	12.ª	pitones..................	pistones.



